



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE
NICARAGUA
UNAN – MANAGUA**



**CENTRO PARA LA INVESTIGACION EN RECURSOS ACUATICOS
DE NICARAGUA (CIRA/UNAN)**

MAESTRIA EN CIENCIAS DEL AGUA

Tesis de grado para optar al titulo de Maestro en Ciencias del Agua

**DISPONIBILIDAD Y APROVECHAMIENTO SOSTENIBLE
DEL ACUÍFERO DE NANDAIME**



Elaborado por:

Ing. Elizabeth Peña Solano.

Tutor. MSc. Ing. Enoc Seth Castillo H.

Asesores. MSc. Yelba Flores M
MSc. Thelma Salvatierra

Managua, Agosto 2005



Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua
(UNAN-Managua)
Centro para la Investigación en Recursos Acuáticos de Nicaragua
(CIRA-UNAN)



Programa de Maestría en Ciencias del Agua

ACTA DE DEFENSA DE TESIS DE GRADO No. 8

Acta de Defensa de Tesis de Maestría en Ciencias del Agua de la Ing. Elizabeth de los Ángeles Peña Solano, Carnet Número: 03-49271-8.

Los suscritos integrantes del Tribunal Examinador, nombrados por la Comisión del Programa de Maestría en Ciencias del Agua, reunidos en el aula de Maestría del CIRA/UNAN, en la Ciudad de Managua, República de Nicaragua, a los veinte y siete días del mes de Julio del año dos mil cinco, de acuerdo con lo establecido por la ley No. 89 (Ley de Autonomía de las Instituciones de Educación Superior), y lo establecido en el Título VI del Reglamento de Educación Continua y Estudios de Postgrado de la UNAN-Managua, se organizaron de la siguiente forma:

JURADO EXAMINADOR:

Ing. Carlos Valle Gutiérrez	Geólogo e Hidrogeólogo. Universidad de El Salvador, Universidad de Chile. Instituto Politécnico de Barcelona.	Presidente
MSc. Fernando Martínez Martínez	MSc. Recursos Hídricos con énfasis en Manejo y Conservación de Cuencas. International Institute for Aerospace Survey and Earth Sciences, Holanda.	Secretario
MSc. Marvin Corriols Molina	MSc. Ingeniería Geológica. Universidad de Lund, Suecia.	Vocal

Con el objeto de evaluar en acto de defensa de la tesis titulada: **"Disponibilidad y Aprovechamiento Sostenible del Acuífero de Nandaime"**, presentada por la Ing. Elizabeth de los Angeles Peña Solano.

La Lic. Peña Solano, realizó la presentación y defensa del tema, contestando las preguntas formuladas por los miembros del tribunal presente, quienes le otorgan la calificación de 94 (Noventa y Cuatro), con lo cual se dan por concluidos los requisitos para que la Ing. Elizabeth de los Angeles Peña Solano, opte al Título de Maestro en Ciencias del Agua.

Nota:

Aprobada por unanimidad





**Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua
(UNAN-Managua)**
**Centro para la Investigación en Recursos Acuáticos de Nicaragua
(CIRA-UNAN)**

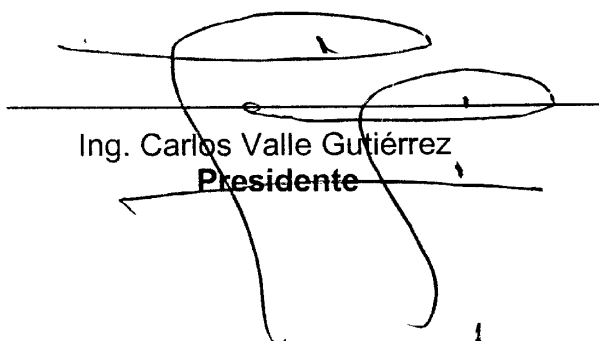


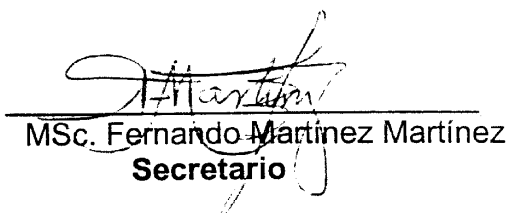
Programa de Maestría en Ciencias del Agua

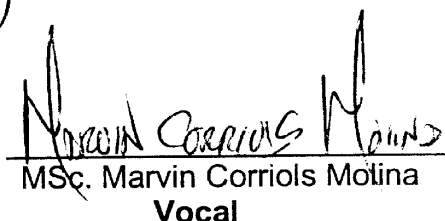
Leída que fue la presente acta, la encontramos conforme, ratificamos y firmamos en la Ciudad de Managua, República de Nicaragua a los Veinte y siete días del Mes de Julio del Año 2005.

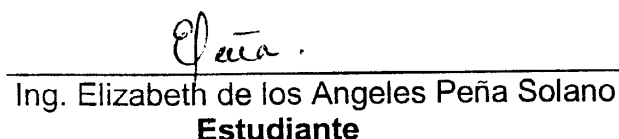
Primero léase las recomendaciones en la siguiente página.

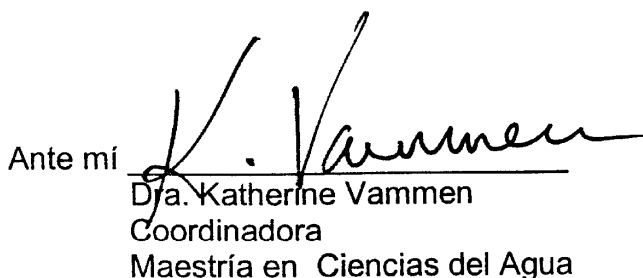
Firman:


Ing. Carlos Valle Gutiérrez
Presidente


MSc. Fernando Martínez Martínez
Secretario


MSc. Marvin Corriols Molina
Vocal


Ing. Elizabeth de los Angeles Peña Solano
Estudiante

Ante mí 
Dra. Katherine Vammen
Coordinadora
Maestría en Ciencias del Agua



DEDICATORIA

Dedico este trabajo, fruto de una trayectoria de estudios constantes; **A Dios Todo Poderoso** por guiarme en todo momento de mi vida y permitir culminar un sueño hecho realidad.

A mi hijo.

Luis Mariano Gutiérrez Peña: Por la espera de la compañía de su madre y ser la inspiración en este trabajo.

A mi esposo

Luis Mariano Gutiérrez Cruz. Por estar en cada momento pendiente de mis trabajos, por el apoyo incondicional para que pudiera finalizar este trabajo.

A mis Padres

Alejandra Solano
Félix Peña
A quienes le debo lo que soy, porque sin su ayuda nada hubiera sido posible.

A mis hermanos

Por las sugerencias y apoyo brindado.

Para todos ellos con cariño y amor

Elizabeth Peña S.

AGRADECIMIENTOS

A la Red Centro Americana para el manejo de los recursos hídricos (**RED-CARA**) por el apoyo económico brindado para la realización de este trabajo de investigación.

Al Centro de Investigaciones de Recursos Acuáticos (**CIRA – UNAN**), por el apoyo otorgado y la oportunidad de haberme permitido realizar la Maestría en Ciencias del Agua. Especialmente Dr. Salvador Montenegro; Dra. Katherine Vammen

A mi tutor **Msc. Ing Enoc Seth Castillo** por su valiosa asesoría y apoyo incondicional.

A mis asesores: **Msc. Yelba Flores, Msc. Thelma Salvatierra** por los aportes y sugerencias brindados.

Al Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales (**INETER**)

Especialmente:

Al Ing. Mariano Gutiérrez por su ayuda y apoyo incondicional

Ing. Luis Palacios por el apoyo brindado en todas las actividades.

Al Ing. Ramón Dávila por la ayuda brindada, aportes y sugerencias

Al Ing. Erwin Rueda por los aportes y sugerencias.

Al Sr. Álvaro González por apoyarme en todas las giras de campo realizadas.

A Msc. Heydi Calderón, Valeria Delgado por el apoyo de animarme siempre en seguir adelante.

A mis compañeros de clase por los ánimos que en todo momento nos dábamos para seguir adelante, especialmente al Lic. Yader Caballero.

A Lic. Esnelda Fierro por sus gestiones y apoyo brindado.

A la población del municipio de Nandaime y Santa Teresa que brindaron su valiosa y desinteresada ayuda en la realización de este estudio.

A la Empresa Nicaragüense de Acueductos y Alcantarillados (ENACAL)

Finalmente quiero agradecer a todas las personas que de una u otra forma estuvieron involucradas en este trabajo.

INDICE GENERAL

	PAGINA
1 INTRODUCCIÓN	1
1.1 Area de Estudio	2
1.2 Aspectos Socioeconómicos	4
1.2.1 Población	4
1.2.2 Infraestructura	4
1.2.3 Educación	5
1.2.4 Salud	5
1.2.5 Organizaciones existentes en el área de estudio	5
1.3 Antecedentes	5
1.4 Justificación	7
1.5 Objetivos	8
1.6 Limitaciones y Alcances	8
1.6.1 Limitaciones	8
1.6.2 Alcances	9
2 MARCO TEORICO DEL ESTUDIO	
2.1 Generalidades	11
2.2 Climatología	13
2.2.1 Precipitación	13
2.2.2 Evaporación	18
2.2.3 Evapotranspiración Potencial	18
2.2.4 Temperatura	20
2.2.5 Humedad Relativa	21
2.2.6 Comportamiento del viento	22
2.3 Geología del Área	23
2.3.1 Geología Histórica	23
2.3.2 Formaciones o unidades geológicas del área	24
2.4 Suelos de la cuenca	26
2.4.1 Mollisoles	26
2.4.2 Vertisoles	26
2.4.3 Inceptisoles	27
2.4.4 Alfisoles	27
2.4.5 Entisoles	27

2.5	Uso Potencial	29
2.5.1	Mollisoles	29
2.5.2	Vertisoles	29
2.5.3	Inceptisoles	29
2.5.4	Alfisoles	29
2.5.5	Entisoles	30
2.6	Hidrología	32
2.6.1	Morfología de la Subcuenca Ochomogo	32
2.7	Agua Subterránea	33
2.8	Hipótesis	34
3	DISEÑO METODOLÓGICO	35
3.1	Etapa Preliminar	35
3.2	Etapa de Campo	35
3.3	Etapa de interpretación	38
3.4	Materiales y equipos utilizados	40
4	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	41
4.1	Evaluación climática	41
4.2	Geología	42
4.3	Suelos	44
4.3.1	Uso potencial confrontación con uso actual	44
4.3.2	Uso actual	45
4.4	Hidrología	48
4.5	Características Hidrogeológicas del acuífero	49
4.5.1	Inventario y otras fuentes	49
4.5.2	Uso y consumo	50
4.5.3	Medio Hidrogeológico	51
4.5.3.1	Descripción de la litología del acuífero	52
4.5.4	Características hidráulicas del acuífero	59
4.5.4.1	Transmisividad	60
4.5.4.2	Comportamiento de caudales de producción	62
4.5.4.3	Rendimiento del acuífero o capacidad específica	62
4.5.4.4	Conductividad hidráulica o Permeabilidad	64

4.5.4.5	Espesores saturados	64
4.5.5	Condiciones hidrodinámicas del acuífero	65
4.5.5.1	Profundidad del agua subterránea	65
4.5.5.2	Fluctuaciones	65
4.5.5.3	Piezometría del acuífero	67
4.5.5.4	Dirección de flujo	68
4.5.5.5	Zonalidad hidrodinámica de las zonas de recarga y descarga	68
5.	BALANCE HIDRICO SUBTERRANEO	69
5.1	Introducción	69
6.	RENDIMIENTO SEGURO Y APROVECHAMIENTO SOSTENIBLE	77
6.1	Evaluación del almacenamiento y proyecciones futuras	78
7.	LINEAS ESTRATEGIAS DE ACCION, PARA ELABORAR A CORTO MEDIANO Y LARGO PLAZO, EL PLAN DE GESTION INTEGRAL DE LA CUENCA HIDROLOGICA SUBTERRANEA	80
7.1	Políticas de desarrollo de abastecimiento de agua potable	81
7.2	Enfoque para el desarrollo agropecuario	82
7.3	Desarrollo agroindustrial	85
7.4	Gestión integral y aplicación de políticas de agua subterránea	85
8.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	88
8.1	Conclusiones	88
8.2	Recomendaciones	91
9.	REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	93
	ANEXOS	

INDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura N° 1	Ciclo Hidrológico 11
Figura N° 2	Comportamiento de la precipitación media del periodo 1990-2003 14
Figura N° 3	Comportamiento de la precipitación anual del periodo 1990-2003 15
Figura N° 4	Evaporación mensual en el acuífero de Nandaime 18
Figura N° 5	Evapotranspiración Potencial 20
Figura N° 6	Comportamiento de la temperatura media 21
Figura N° 7	Comportamiento de la humedad relativa 22
Figura N° 8	Velocidad media del viento sobre el acuífero 23
Figura N° 9	Uso y Consumo 51
Figura N° 10	Profundidad vs Transmisibilidad 62
Figura N° 11	Comportamiento de la Transmisibilidad vs Capacidad específica 63

ANEXOS

APENDICE A

Tabla N° 1	Precipitaciones estación Nandaime
Tabla N° 1.1	Precipitaciones estación Masatepe
Tabla N° 1.2	Precipitaciones estación Hacienda Santa Teresa
Tabla N° 2	Evapotranspiración Potencial estación Nandaime
Tabla N° 2.1	Evapotranspiración Potencial estación Masatepe
Tabla N° 3	Inventario de pozos perforados
Tabla N° 3.1	Inventario de pozos excavados
Tabla N° 4	Balance hídrico de suelos (2003-2004)
Tabla N° 5	Balance hídrico de suelos 1990-2004
Tabla N° 6	Sondeos Geofísicos

APENDICE B

Perfil 1-1', 2-2', 4-4'	Perfiles hidrogeológicos
Mapa N° 6	Inventario hidrogeológico en el acuífero de Nandaime
Mapa N° 7	Hidrogeología del acuífero de Nandaime

LISTA DE ABREVIATURAS

CIRA	Centro para la Investigación en Recursos Acuáticos de Nicaragua.
ENACAL	Empresa Nacional de Acueductos y Alcantarillados Sanitarios.
INEC	Instituto Nicaragüense de Estadísticas y Censos
INETER	Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales.
INAA	Instituto nicaragüense de Acueductos y Alcantarillados.
INTA	Instituto Nicaragüense de Tecnología Agropecuaria.
MAGFOR	Ministerio de Ganadería Agricultura y Forestal.
MARENA	Ministerio del Ambiente y Recursos Naturales
MINSA	Ministerio de Salud
MMCA	Millones de métricos cúbicos anuales
MSNM	Metros sobre el nivel del mar.
ONGs	Organismos no gubernamentales.
UNAN	Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua.

RESUMEN EJECUTIVO

El presente estudio de aguas subterráneas se ha realizado en el contexto de cumplir trabajo de tesis para optar al título de Maestro en Ciencias del Agua; Así mismo aportar conocimientos hidrogeológicos actualizados y ampliados en el acuífero de Nandaime.

Este estudio ha sido posible por la contribución del CIRA- UNAN, Red CARA; así como de las instituciones INETER, MAGFOR, ENACAL, INAA; que manejan el volumen de información recopilada de los recursos hídricos.

El acuífero de Nandaime tiene una extensión de 507 Km², desde su parte más alta, ubicada en la divisoria de las aguas que drenan al Pacífico y al Lago Cocibolca. Esta compartido entre los departamentos de Rivas, Granada Masaya y Carazo, lo que le confiere un carácter interdepartamental.

El objetivo general es determinar la disponibilidad y aprovechamiento sostenible del acuífero de Nandaime, como parte de la gestión y desarrollo en la subcuenca del río Ochomogo.

El conocimiento de los recursos hídricos son escasos en la zona, lo que deriva la motivación de establecer una evaluación de las aguas subterráneas relacionadas con las características del medio físico influyentes en ellas y el propósito de hacer uso planificado del recurso. Puede considerarse que las aguas subterráneas fueron explotadas de forma localizada intensiva en los años 60-90, y actualmente son poco explotadas, prevaleciendo bombeos concentrados locales que no se aprovechan sustancialmente los acuíferos.

Se hicieron estudios de pruebas de infiltración medición de niveles estáticos, extracción del agua, uso actual de suelos, sondeos geofísicos, encuestas a la población para valorar las características del acuífero.

De acuerdo a los resultados se considera que el acuífero ha tenido una recuperación en los últimos años. Con disponibilidad excedente de 93.79mmca, con un volumen extraíble de 56.27mmca, para desarrollar proyectos de desarrollo agrícola, abastecimiento de agua etc.

Proyecciones futuras, en consultas a algunos productores de la zona, se estima que para el año 2009 el aumento de desarrollo es de 35% del actual, por lo tanto la extracción por riego aumentaría a 18.6 mmca, este sería mejor aprovechado si se aplica tecnología agrícola apropiada.

Se realizó una estimación, de la población al año 2009, con 70,190 habitantes, según lo que se proyecta para ese periodo el consumo potable y doméstico será de 2.95 mmca; de acuerdo al dato de industria se calcula que este aumente en 75%, 3.5 mmca.

Los productos de este estudio estarán dirigidos al planteamiento de estrategias de uso sostenible de las reservas de agua subterránea, que serán de beneficio directo a los diferentes actores sociales del área, en la economía local y general, con relación a los diferentes usos del agua. Además para la toma de decisiones a corto, mediano y largo plazo, y que productores, gobiernos locales, instituciones privadas y/o gubernamentales (ENACAL, MAGFOR, MARENA, INTA, MINSA, entre otras), acopien la información generada.

Este estudio es un primer paso de investigación a semidetalle y actualización de los volúmenes disponibles para darle seguimiento a la gestión integrada de la cuenca del río Ochomogo, puesta en marcha. Así mismo sirva de base para los estudios aplicados.

Hidrogeología, disponibilidad, Agua, Suelo, Consumo

1.- INTRODUCCION

Nicaragua esta dividido territorialmente en departamentos y municipios y a la vez en cuencas hidrográficas que traspasan los límites políticos- administrativos de los mismos; y que están relacionadas con los recursos hídricos. De las 21 cuencas hidrográficas existentes en el país, 13 drenan a la vertiente del Mar Caribe y 8 al Pacífico. En contraposición económica los ríos que drenan al Caribe son más extensos y caudalosos y los del Pacífico son más cortos y con menos caudal. Sin embargo la población Nicaragüense se encuentra concentrada y densamente en el mismo.

Hay problemas de disponibilidad en los recursos hídricos en algunas zonas del país, por consiguiente hay sectores que no tienen acceso al abastecimiento y si lo tienen probablemente no existen condiciones excelentes en la calidad del mismo.

Debido al déficit en la oferta de aguas superficiales y la deforestación extensiva que han sufrido las cuencas en los últimos años, se ha incrementado significativamente la explotación de las aguas subterráneas, para diferentes usos. Este aprovechamiento, que en la mayoría es sin ninguna evaluación y control del recurso, ha generado en algunas áreas una serie de impactos ambientales negativos sobre este, ocasionados por su explotación intensiva. El desarrollo agrícola en Nicaragua, se ha caracterizado por la cultura del monocultivo, en las áreas potencialmente aptas para la agricultura.

En la cuenca hidrogeológica que comprende el denominado acuífero de Nandaíme, se ha llevado a cabo proyectos agrícolas principalmente para los cultivos de caña de azúcar, arroz, y algodón, para los cuales se han utilizado las aguas del río Ochomogo y subterráneas, estas últimas extraídas de aproximadamente 44 pozos perforados (Tahal,1977)

Actualmente existen diferentes sistemas de riego por gravedad, aspersión e inundación. Las áreas cultivadas con arroz, plátano y caña se localizan en la zona de descarga del acuífero con sistemas de riego en un total de 19 pozos y algunas zonas con agua superficial, por lo tanto es necesario conocer la cantidad de agua disponible que puede ser aprovechada para las diferentes actividades agrícolas en el área, así como también para el consumo humano e industrial.

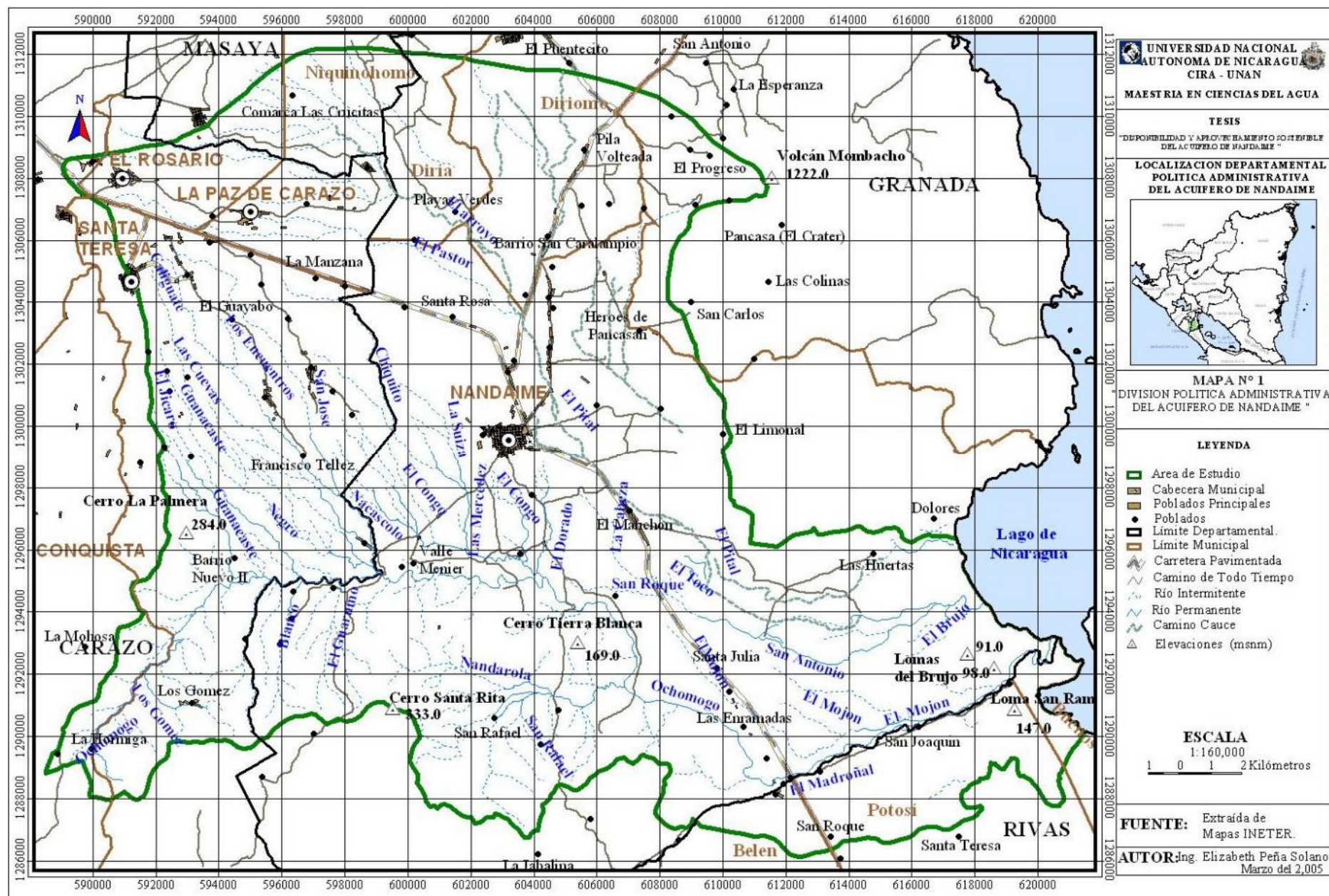
La población del área ha aumentado considerablemente, teniendo como consecuencias el desarrollo de zonas urbanas que afectan la recarga del acuífero. Se conoce que no toda la población urbana posee sistema de agua potable, y alcantarillado; esto representa aproximadamente el 40% de servicio de aguas negras. La mayoría de las tuberías son viejas y se encuentran en mal estado, ocasionando pérdidas por fugas.

1.1 Área de estudio

El acuífero de Nandaíme forma parte de la Cuenca No. 69, (Cuenca del Río San Juan y específicamente la subcuenca hidrológica del río Ochomogo).

El área de estudio limita entre las coordenadas Norte 1286000 y 1312179 y Este 588,412 y 621496. Tiene una extensión de 507km², desde la parte más alta 1200msnm, ubicada a lo largo de la divisoria de las aguas que drenan al Pacífico y las aguas que drenan al lago Cocíbolca, hasta las orillas del mismo con una elevación de 39msnm. Los límites norte y sur son la subcuenca del río Dorado y del río Las Lajas, respectivamente.

El acuífero se encuentra compartido entre los departamentos de Rivas, Granada Masaya y Carazo, lo que confiere un carácter interdepartamental (**Mapa No.1**).



Aspectos socioeconómicos.

1.2.1 Población

El área de estudio cubre un 65 % del municipio de Nandaime y un 30% del municipio de Santa Teresa, conforme los datos de población recopilados de las alcaldías y censos nacionales.

Según INEC, 1995, el municipio de Santa Teresa contaba con una población de 17,555 habitantes, de acuerdo a proyecciones con una tasa de crecimiento de (1.99%). Para el 2004 se cuenta con población de 20,902 habitantes distribuido de la siguiente manera: 5,658 en el área urbana y 15,244 en la rural. La densidad poblacional aproximada es de 94 habitantes/km².

Así mismo en el municipio de Nandaime para 1995 existía una población de 37,714 habitantes; de acuerdo a las proyecciones de INEC, para el 2004 se cuenta con una población de 41,247 con 20,281 pertenecientes al sector Urbano y 20,966 al rural., con una densidad poblacional de 95 habitantes por Km².

Con una población total para el área de estudio de 62,149 habitantes, 25,939 en área urbana y 36,210 en el área rural.

En la zona de estudio las principales actividades económicas son la agricultura y la ganadería, seguida de la agroindustria y en pequeña proporción el comercio con 2 mercados municipales.

1.2.2 Infraestructura.

La infraestructura agroindustrial consiste en un matadero industrial, para el procesamiento de la carne de bovino. Así como otras dependencias que desarrollan actividades con enfoque a la pequeña industria y al comercio.

1.2.3 Educación

Se cuenta con un total de 119 centros de educación entre los diferentes niveles

- Educación Preescolar
- Educación primaria
- Educación secundaria.

1.2.4 Salud.

En el área de estudio existen 2 centros de salud en la zona urbana y 8 en la rural, además de 13 casa bases donde personas capacitadas atienden partos.

1.2.5 Organizaciones existentes en el área de estudio.

Alcaldías Municipales, MINSA, INETER, MARENA, INTA, GTZ, Visión Mundial, Asociación Nochari, ENACAL.

1.3 Antecedentes.

El área de estudio, ha tenido un alto nivel de desarrollo agrícola y de infraestructura desde los años 50, teniendo su auge durante la década 80-90. Actualmente, ha disminuido esta tendencia. En la mayoría de las actividades agrícolas (cultivos de arroz, caña de azúcar, cucurbitáceas, musáceos entre otros), los productores utilizan agua subterránea con fines de riego a través de pozos de bombeo y estos a la vez hacen uso del agua del río Ochomogo con canales de desvío.

El agua subterránea en el área de estudio ha sido poco estudiada, ha efectos de explotar los recursos a través de proyectos específicos (agrícolas e industriales), solamente se han revisado estudios de carácter regional tales como:

En el año 1995 Krasny (INETER), realizó la Caracterización Hidrogeológica e Hidrogeoquímica de la Región Pacífica, donde se incluye el acuífero de Nandaime de forma general.

En la década de los años 70, el área de cultivo de caña perteneciente al Ingenio Amalia (actualmente conocido como Ingenio Javier Guerra), en el Municipio de Nandaíme, era regada con agua proveniente de 15 pozos perforados y con aguas superficiales de 4 pequeñas presas construidas sobre corrientes permanentes y de 4 bombas ubicadas a orillas del río Ochomogo, asimismo en la zona Noreste y sureste del área de estudio se extraía agua de 29 pozos perforados para el cultivo de arroz y caña. En toda el área de estudio se extraían 34.5 millones de metros cúbicos por año, (Tahal Consulting, 1977).

En este proyecto se realizó un estudio de factibilidad para el desarrollo de la agricultura bajo riego del acuífero de Nandaíme-Rivas. Se calculó la potencialidad del área agrícola y de los ríos que sobre él circulan, con un volumen de 60.5mmc, así mismo tomó en cuenta la utilización de las aguas del lago Cocibolca.

En éste estudio se formularon diversas estrategias de riego de acuerdo al potencial hídrico y de suelos.

Durante la época de los años 80, los sistemas de producción estaban dominados por las cooperativas, donde las acciones eran aumentar la productividad agrícola de la tierra, sin valorar la sostenibilidad de los recursos. Durante esta época se echaron andar proyectos agrícolas, traducidos en agricultura intensiva en las que se utilizaron diversos sistemas de irrigación, donde extraían agua de pozos del acuífero y del río Ochomogo.

Debido a lo antes expuesto y la importancia que esta zona representa para el desarrollo de nuestro país, especialmente en momentos en que se encuentra la petición ante la UNESCO de declarar el lago de Nicaragua patrimonio nacional y la petición ante la asamblea nacional de declarar corredor de desarrollo sostenible a la cuenca del río San Juan, es imperante la necesidad de evaluar el estado actual de las subcuencas que descargan en la cuenca hidrológica.

1.4. Justificación.

Como se ha mencionado el área de estudio presenta un potencial natural significativo, históricamente ha sido una zona productiva, pero actualmente ha disminuido la actividad agrícola, si presenta uno de los principales polos de desarrollo económico del País, a través de los programas agropecuarios que se pueden realizar.

Las condiciones de desarrollo, el aumento de la población, la competitividad de nuestros productos en el mercado internacional requieren de una evaluación detallada de las condiciones actuales de las aguas subterráneas, por tanto es imperante conocer el estado actual de las aguas subterráneas en el acuífero.

A partir de 1985 se han perforado pozos sin estudios previos y se han colocado bombas para extracción de agua desde el río, por lo que se debe evaluar la variación del balance subterráneo en el tiempo.

En consecuencia es de gran importancia realizar el balance hídrico subterráneo, que es objeto de este estudio y así poder determinar en que condiciones se encuentra actualmente el acuífero.

El acuífero posiblemente podría estar afectado directamente por el uso inadecuado e irracional del recurso agua, como un cuerpo sensible ante cada una de las actividades del entorno, ejemplo de ello la deforestación para la construcción de nuevas urbanizaciones, esto aumenta; así mismo, la demanda de suministro de agua a la población. Lo que conlleva a una degradación cada vez más amplia en la cantidad del recurso hídrico existente en esta región.

El conocimiento preciso del potencial de explotación será una herramienta confiable de planificación para el sector productivo, que se podrá conocer con los valores de caudales máximos de explotación, y la factibilidad de riego para determinado cultivo, y así mejorar la economía de la región.

1.5 Objetivos

1.5.1 Objetivo General

Determinar la disponibilidad y aprovechamiento sostenible del acuífero de Nandaime, como parte de la gestión y desarrollo en la subcuenca del río Ochomogo.

1.5.2 Objetivos Específicos

- ❖ Reconocer el estado actual de la explotación del agua subterránea en relación al uso actual de los suelos, para el desarrollo integral en la subcuenca.
- ❖ Determinar la dinámica e hidráulica del agua subterránea en el acuífero, con fines de contribuir a la gestión sostenible de los recursos hídricos subterráneos.
- ❖ Cuantificar el potencial de agua subterránea existente en la zona a través del cálculo del Balance Hídrico Subterráneo, con propósitos de conocer el estado actual hídrico subterráneo de la subcuenca.
- ❖ Identificar algunas estrategias de acción para el aprovechamiento y la protección del agua subterránea.

1.6 Limitaciones y alcances

1.6.1 Limitaciones

Estas fueron de diversos tipos y afectan negativamente algunos puntos del estudio.

Una de las principales limitaciones fue el acceso a algunos pozos, donde no se pudieron actualizar los datos.

El comportamiento de las fluctuaciones de los niveles mensuales del agua subterránea, no ha sido posible dado que no se tiene una red de monitoreo sistemático.

No se pudieron completar las pruebas de bombeo planificadas, dado que en la mayoría de los pozos las bombas están dañadas.

Aunque en el área existen muchos pozos perforados estos casi no aportan información para la correlación litoestratigráfica con los resultados de la geofísica, por lo tanto, gran parte de la interpretación geofísica está basada únicamente en los contrastes resistivos y debe ser tomada como una interpretación preliminar

1.6.2 Alcances

Los resultados de este estudio estarán dirigidos al planteamiento de estrategias de uso sostenible de las reservas de agua subterránea, que serán de beneficio directo a los diferentes actores sociales del área.

Así mismo, a la economía local como general relacionado a los diferentes usos del agua, tales como abastecimiento potable, agropecuario e industrial. La obtención de información relacionada con la explotación, distribución y consumo de agua potable es indispensable para la toma de decisiones a corto, mediano y largo plazo.

Tanto para los productores como gobiernos locales, instituciones privadas y/o gubernamentales (ENACAL, MAGFOR, MARENA), logren apropiarse de la información para la elaboración de planes de monitoreo apropiados para la vigilancia, protección y conservación del recurso hídrico superficial como subterráneo.

Se recopilaron y describieron las características geológicas e hidrogeológicas del área de estudio en un 90 %.

Uno de los alcances de importancia es la realización de un registro de pozos, este es un banco de datos que representa información general de cada pozo, el cual es una herramienta básica para el análisis de proyectos futuros.

Se determino el comportamiento actual de la superficie freática y de líneas de flujo, parámetros importantes para el movimiento del agua subterránea.

Se logró realizar un estudio geofísico del cual se obtuvo información sobre el la profundidad del basamento.

Se realizo una evaluación de la recarga actualizada a través de pruebas de infiltración e información recopilada en campo e instituciones.

Se logro relacionar la explotación del agua subterránea con relación al uso actual de suelos.

Asimismo se cuantifico el volumen extraído anualmente por uso doméstico, potable, riego e industrial, variable que se utiliza en el cálculo de la disponibilidad del acuífero.

Este banco de datos será de mucha utilidad para planificar el aprovechamiento del agua subterránea en el área de estudio.

Se logro realizar el mapa hidrogeológico a escala 1:50,000

2.- MARCO TEORICO DEL ESTUDIO

2.1 Generalidades

La Hidrogeología, especialización de la geología; es la ciencia del agua subterránea con carácter multidisciplinario. Tiene como finalidad la gestión del espacio subterráneo, la planificación de la explotación y la protección de los recursos de agua. El fondo esencial es la identificación de los acuíferos. Esta ciencia exige la adquisición de datos numéricos precisos sobre las características de los acuíferos.

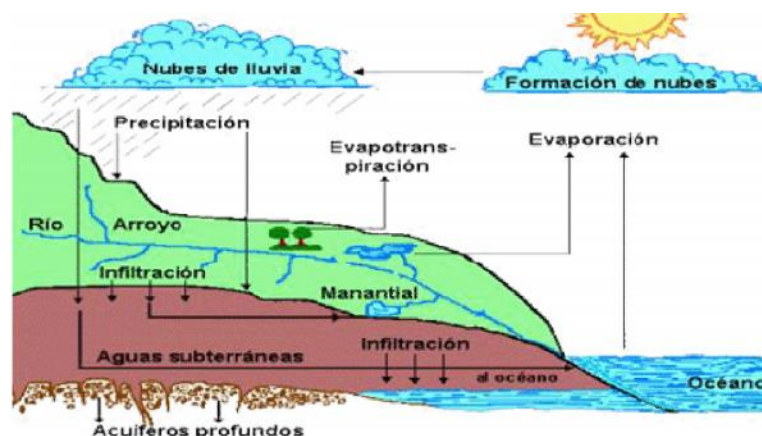
Por eso es necesario la utilización de métodos y los recursos de prospecciones geofísicas, de técnicas de perforación y captación, de hidrología y de hidrodinámica subterránea.

Las investigaciones permiten definir con una mejor precisión los funcionamientos hidráulicos de los acuíferos.

Para evaluar la disponibilidad del agua subterránea de una determinada área, es importante cuantificarla en base a las condiciones meteorológicas, hidrológicas, edafológicas, geológicas, hidráulicas, geofísicas e hidrogeológicas

Gráfica N° 1

CICLO HIDROLOGICO



La variabilidad y aleatoriedad del ciclo hidrológico son determinantes de la disponibilidad de las aguas superficiales y la recarga de los acuíferos.

Meteorología

Tiene como objetivo estimar la evolución espacio-temporal de diferentes parámetros, que caracterizan ciertos fenómenos del ciclo del agua. Estas medidas, especialmente lluvia, infiltración, evaporación, temperatura, humedad relativa etc. sirven para la gestión de labores y de las disposiciones territoriales.

Hidrología

Tiene como objetivo estimar el comportamiento de las aguas superficiales en su medio físico, con mediciones directas e indirectas que permitan estimar su disponibilidad de forma cualitativa y cuantitativa.

Geología

La geomorfología del país es fruto de la actividad tectónica y volcánica que sucedió en las épocas Terciaria y Cretácica.

En consecuencia, la geología representa la base fundamental de la hidrogeología, es el resultado de numerosos flujos de lavas basálticas y andesíticas sucesivas, cubiertas y recortadas por sedimentos fluviales recientes que constituyen las principales unidades hidrogeológicas del país.

Hidráulica

Los cálculos hidráulicos, efectuados durante los pruebas de bombeo, permiten evaluar las características hidrodinámicas del subsuelo, como también las condiciones de los límites, las heterogeneidades del acuífero.

La transmisividad por ejemplo, parámetro muy importante desde el punto de visto práctico, hace posible, en la primera aproximación estimar las posibilidades del aprovechamiento del agua subterránea de un área.

Geofísica

Las prospecciones geofísicas consisten en investigaciones tridimensionales de las capas superficiales del terreno, enviando señales como ondas electromagnéticas o corriente eléctrica desde la superficie del suelo. El análisis de las transformaciones de estos “mensajes” durante su trayecto subterráneo da informes sobre la naturaleza y la geometría del subsuelo. En este sentido, los resultados de los equipos geofísicos nos dan imágenes de la repartición de las propiedades físicas del subsuelo. La interpretación de los datos permite definir con una buena aproximación la geometría de los acuíferos.

2.2 Climatología

El clima del área de estudio, de acuerdo a la clasificación de Koppen Modificado, se conoce como de Sabana Tropical (Aw), caracterizado por una estación seca de cuatro a cinco meses, entre diciembre y abril. Con precipitaciones moderadas y una marcada estacionalidad lluviosa y seca, de temperatura promedio en la cuenca de 26.4 °C, y 1760 mm de lluvia por año (INETER, 1990/2003).

Según la clasificación Bioclimática de Holdridge, el área de estudio se clasifica como bosque seco tropical, transición a subtropical.

2.2.1 Precipitación

Para el análisis y elaboración del mapa de Isoyetas en el área de estudio y sus alrededores se utilizaron 7 estaciones meteorológicas de las cuales únicamente dos se encuentran en el área (Santa Teresa localizada en la ladera oeste del volcán Mombacho, y Nandaime en el ingenio Javier Guerra de dicho municipio).

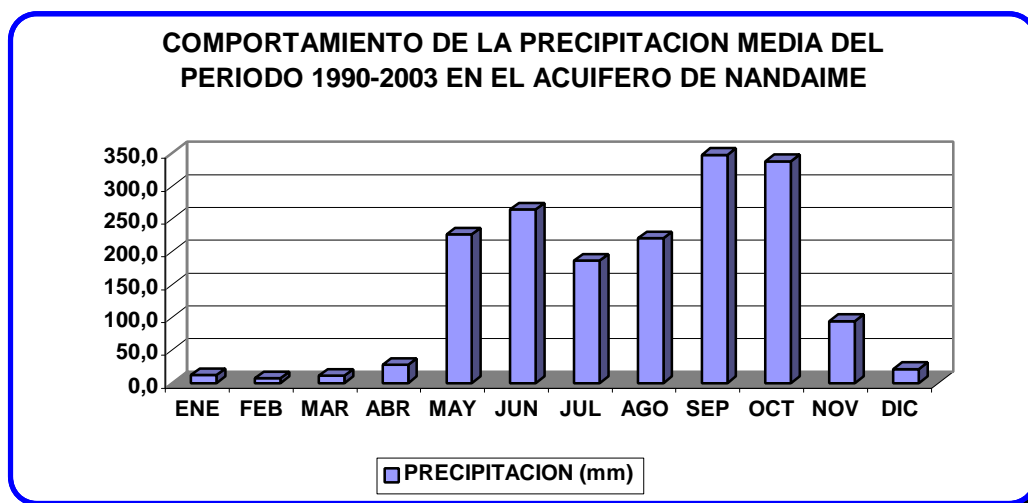
En el área del acuífero y los alrededores, se identifican dos épocas de régimen climático, una seca conocida como verano (que abarca noviembre a abril) y una lluviosa denominada invierno (de mayo a octubre). En el periodo seco se acumula el 10.0 % del total anual, equivalente a 175.0 mm. En tanto en la estación lluviosa, se logra acumular el 90.0 % de la precipitación media anual y que equivale a 1585.0 mm.

La precipitación promedio en el acuífero es de 1760 milímetros por año para el periodo 1990- 2003. Generalmente la mayor frecuencia de ocurrencia de las precipitaciones sobre el acuífero es registrada en horas de la tarde, producto de la formación de sistemas convectivos locales y la influencia del arrastre de humedad, provocado por el viento tanto desde el océano Pacífico como del lago de Nicaragua.

Durante el periodo lluvioso de mayo a octubre, hay una disminución de la precipitación en julio y agosto, que es canícula; el más lluvioso es septiembre, en el cual se registra un acumulado promedio de 348 milímetros, seguido de octubre con 338 mm.

En la gráfica siguiente se muestra el comportamiento mensual promedio de la precipitación en el acuífero, la cual muestra la distribución mensual de la misma.

Gráfica. N° 2



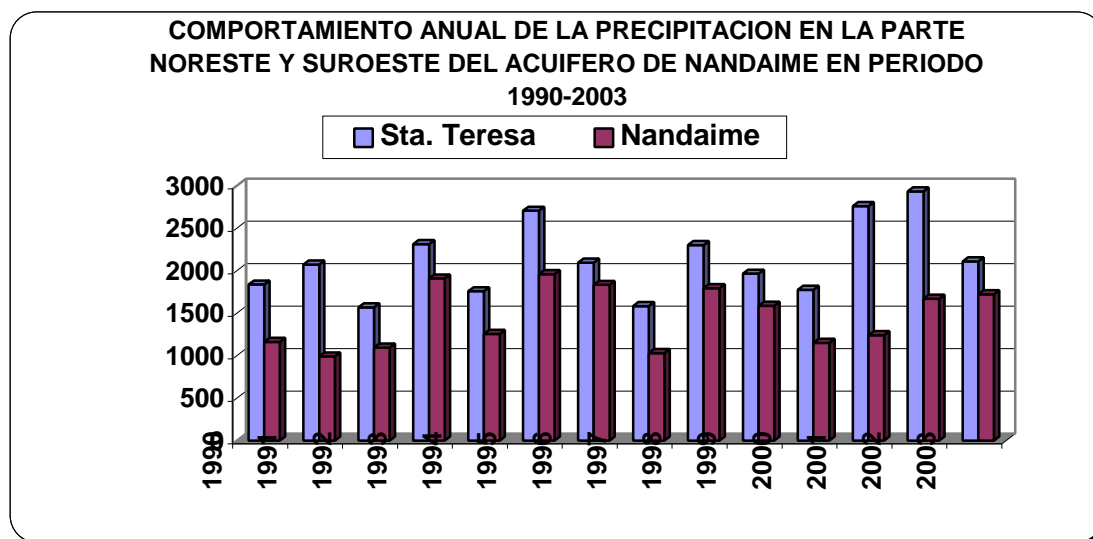
Fuente: El autor con datos de INETER, 2004

En el primer subperíodo lluvioso que comprende los meses de mayo a julio, en el acuífero se acumula un promedio de 678 mm; sin embargo, en el sector oeste de las faldas del volcán Mombacho el acumulado es de 734 mm, mientras que en Nandaime el acumulado trimestral es de 622 mm.

En el segundo subperíodo lluvioso agosto octubre, el promedio acumulado es de 907 mm, correspondiéndole al sector del Mombacho 1105 mm y 710 mm en el sector de Nandaime.

En el mapa de precipitación media se observa que la precipitación se incrementa de 1500 mm al suroeste hasta 1800 mm al noreste, en los alrededores del volcán Mombacho al sur del Municipio de Granada, que corresponde al sector más lluvioso del acuífero. El oeste-noroeste del acuífero es cubierto por la isoyeta de 1500 mm y 1800 mm al noreste, mientras que el sector sureste colindante con el lago de Nicaragua, la precipitación media varía de 1500 mm a 1600 mm anuales. El sector occidental y suroccidental de la cuenca son los que registran los menores acumulados de lluvia anual. (Mapa N°2)

Gráfica N° 3

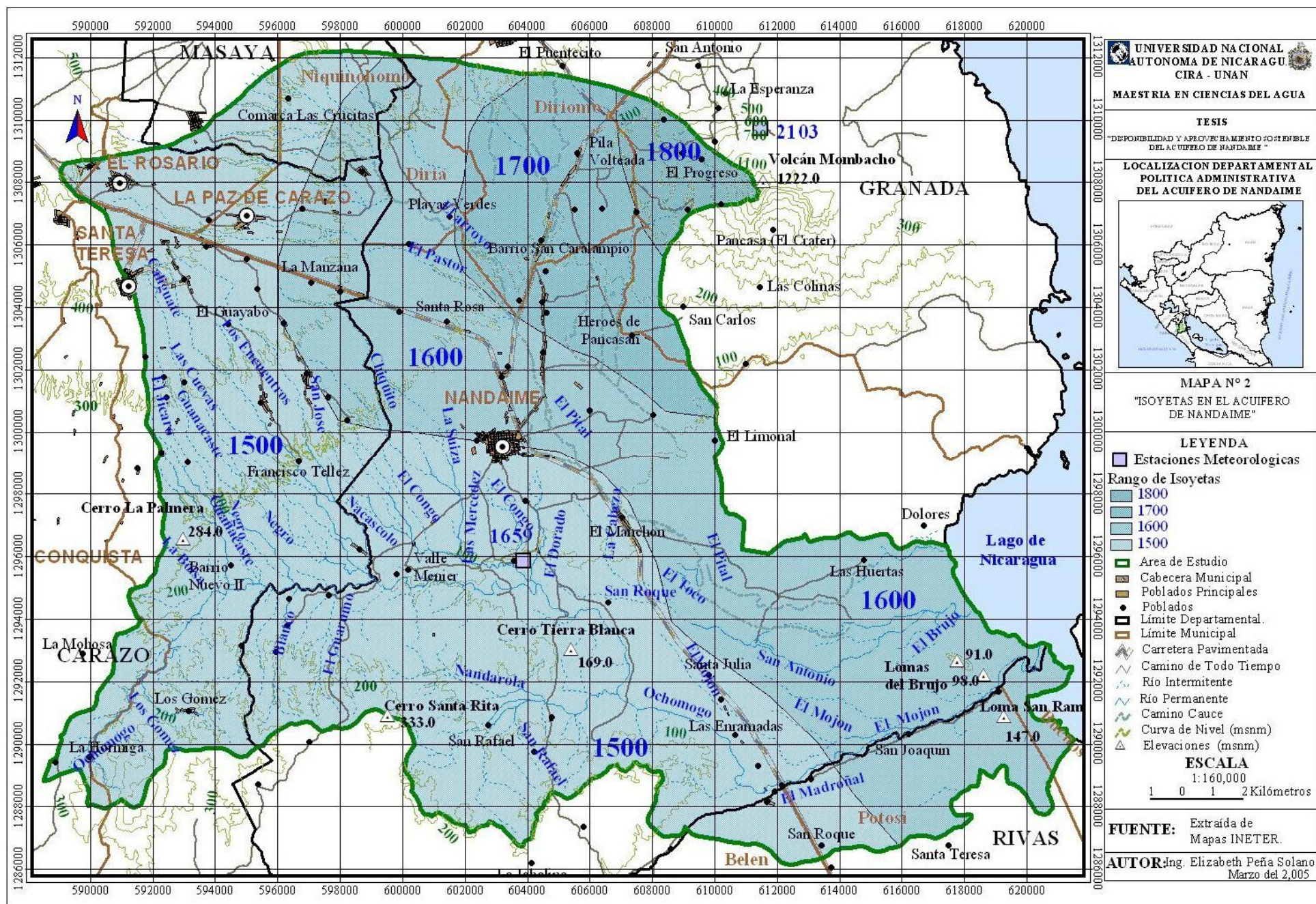


Fuente: El autor con datos de INETER.

Los estudios sobre las precipitaciones realizados por INETER, indican que en el acuífero de Nandaime existe una probabilidad del 83 % de ocurrencia de sequía cuando se presenta el fenómeno Climático conocido como EL NIÑO y una probabilidad del 58 % de que los totales anuales de lluvia sean superados durante el fenómeno LA NIÑA.

Durante el año sobre el acuífero se registra un promedio de 123 días con precipitaciones mayores de 0.5mm, de estos, 104 días se registran entre mayo y octubre y 19 entre noviembre y abril. De mayo a julio, se contabilizan 47 días y entre agosto y octubre 57 días.

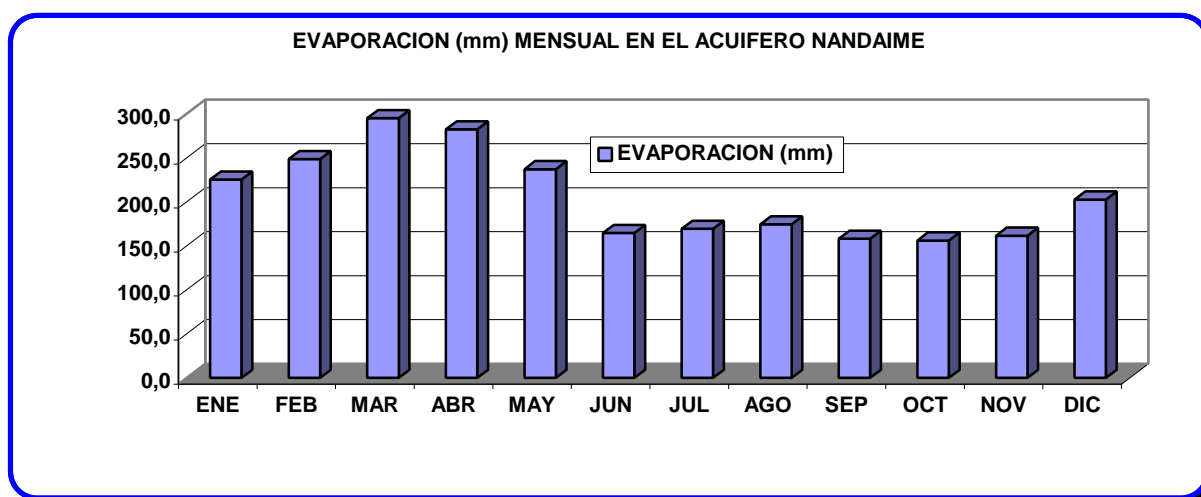
Mensualmente, los días con precipitaciones se distribuyen de la siguiente forma: 11 días en mayo, 19 en junio, 17 en julio, 18 en agosto, 20 en septiembre y 19 en octubre. Durante el periodo seco, noviembre registra 9 días con lluvia. Las precipitaciones máximas registradas en 24 horas, sobre el acuífero se han presentado en septiembre con 243.7 mm y octubre con 201.7 mm.



2.2.2 Evaporación

La evaporación media anual es de 2476 milímetros, los meses con mayor tasa de evaporación son marzo y abril; mientras que en septiembre y octubre se registran los menores valores coincidiendo con las altas precipitaciones que se registran en estos meses. La tasa de evaporación media anual es de 967.2 mm, mayor al promedio anual de precipitación, sobrepasa al acumulado anual de lluvia en un 64 %.

Gráfica N°4



Fuente: El autor con datos de INETER.

2.2.3 Evapotranspiración Potencial (ETP)

La Evapotranspiración es el término común que denota la pérdida de humedad a través del suelo y por la transpiración de las plantas, es decir; es la suma de todas las pérdidas de agua, sea cual fuere el factor que ha actuado. Es importante destacar que la producción de cultivos agrícolas generalmente depende de que estrecha sea la transpiración real, en relación con su potencial; en este caso se conoce la Evapotranspiración Potencial.

Para el cálculo de la Evapotranspiración Potencial (ETP) se aplicó el método desarrollado por Hargreaves (junio, 1977), el cual utiliza valores de temperatura y radiación.

La ecuación de Hargreaves para estimar la ETP es:

$$ETP = 0.0075 * RSM * TMF$$

Donde:

TMF : Temperatura Media en Grados Fahrenheit

RSM : Radiación solar Incidente, equivalente, en milímetros (mm) de agua evaporada y se obtiene de la Ecuación:

$$RSM = 0.075 * RMM * S^{1/2}$$

Siendo RMM : Radiación Extraterrestre equivalente en milímetros (mm) de agua evaporada.

S : Porcentaje de Brillo Solar Posible.

Según Hargreaves, la mejor Ecuación para Nicaragua, fue determinada mediante gráficos y análisis numéricos es:

$$S = 11.5 * (100 - HR)^{1/2}$$

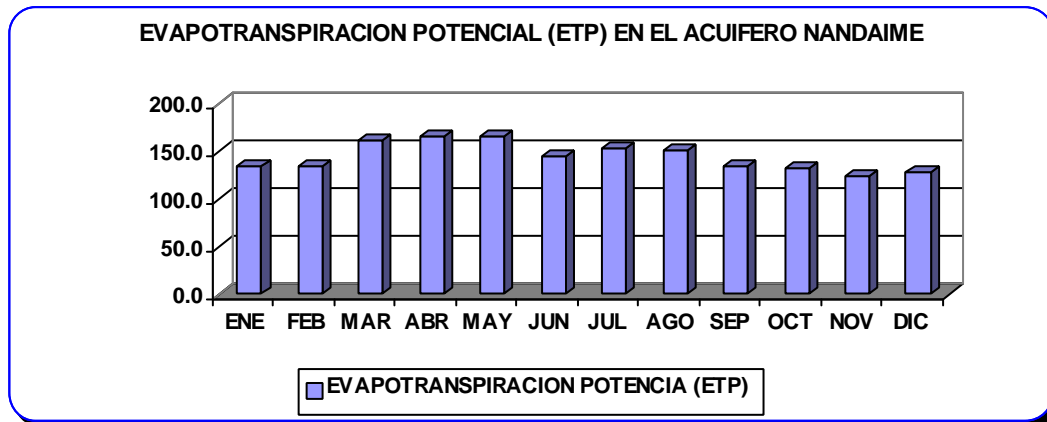
Donde:

HR: Humedad Relativa en porcentaje (%).

Para el área del acuífero de Nandaime, la ETP promedio anual es de 1798 milímetros, registrándose los mayores valores mensuales entre marzo y mayo; y los menores en los meses de noviembre y diciembre, debido al descenso de la temperatura media mensual.

En la grafica siguiente se muestra el comportamiento mensual de la ETP.

Gráfica N° 5



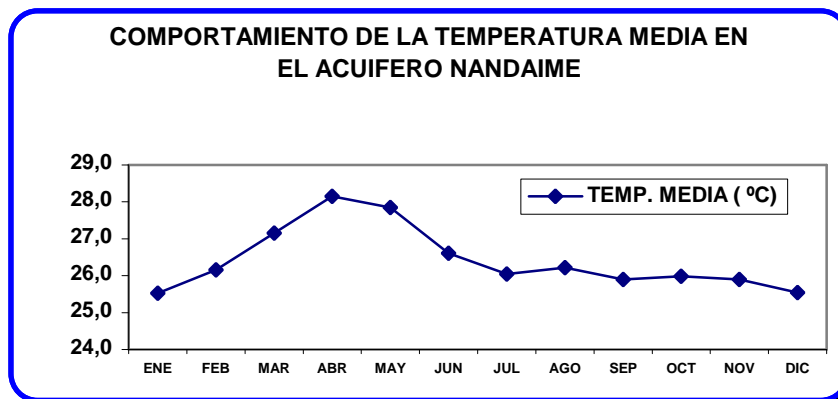
Fuente: El autor con datos de INETER.

2.2.4 Temperatura

La temperatura media del área en estudio es de 26.4 °C. En los registros anuales de esta, son más elevadas en abril y mayo, con valores entre 28.2 °C y 27.8 °C y máximos hasta de 30.3 °C, en el sector colindante con el Lago Cocibolca. Las temperaturas medias más bajas ocurren entre octubre, diciembre y enero, entre 26.0 °C y 25.5 °C.

La oscilación media anual de la temperatura del aire, entre el mes más cálido y el más frío en el municipio, se mantiene entre 2.3 °C y 3.2 °C. Cabe señalar, que el municipio no contiene bosques de gran espesor y altura, por lo que el calentamiento cerca de la superficie se incrementa.

Gráfica N° 6



Fuente: El autor con datos de INETER.

La temperatura media, en el área del acuífero, es menor en las faldas del volcán Mombacho, en donde las temperaturas disminuyen a razón de 0.45°C , por cada 100 metros de altitud, con relación al promedio de 26.4°C , registrada a 100 metros sobre el nivel del mar.

2.2.5 Humedad relativa

El comportamiento de la humedad ambiental o relativa, guarda una relación en la distribución estacional del régimen de precipitación. Además, puede decirse que la humedad relativa se comporta de forma inversa a la temperatura, variando poco en su distribución espacial y temporal.

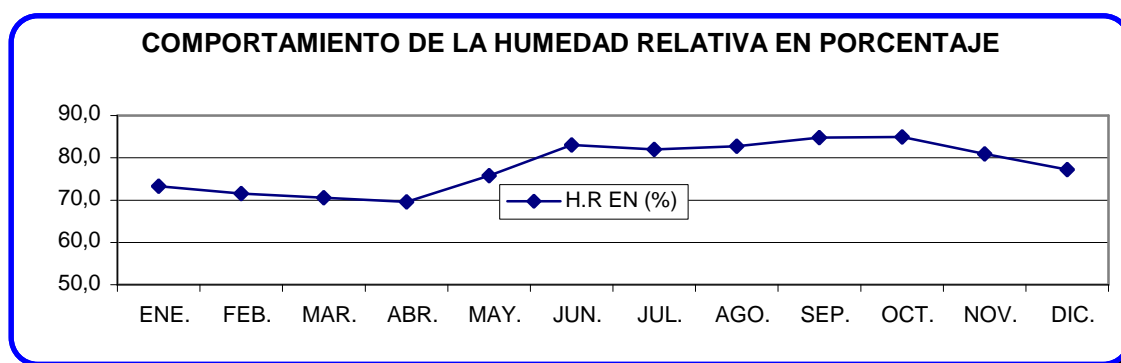
En el área del acuífero se registra una humedad relativa media de 78 %. Los valores mínimos, ocurren en marzo y abril, con valores de 70.6 y 69.6 %.

Se observa que los valores máximos mensuales se registran en septiembre y octubre; con el 85 %, en ambos meses. El mayor porcentaje de humedad relativa media anual, se ubica en la zona a orillas del lago Cocibolca, disminuyendo los valores hacia el oeste y el norte del área de estudio.

Los mayores valores de humedad relativa se registran por la madrugada, no obstante cabe mencionar que la parte baja del acuífero, registra un alto porcentaje de humedad en comparación con otros sectores aledaños, debido al arrastre de humedad desde el lago Cocibolca, provocado por el viento.

La distribución espacial de la humedad relativa, presenta mucha similitud aunque con algunas diferencias con la distribución anual de la precipitación.

Gráfica N° 7



Fuente: El autor con datos de INETER.

2.2.6 Comportamiento del viento

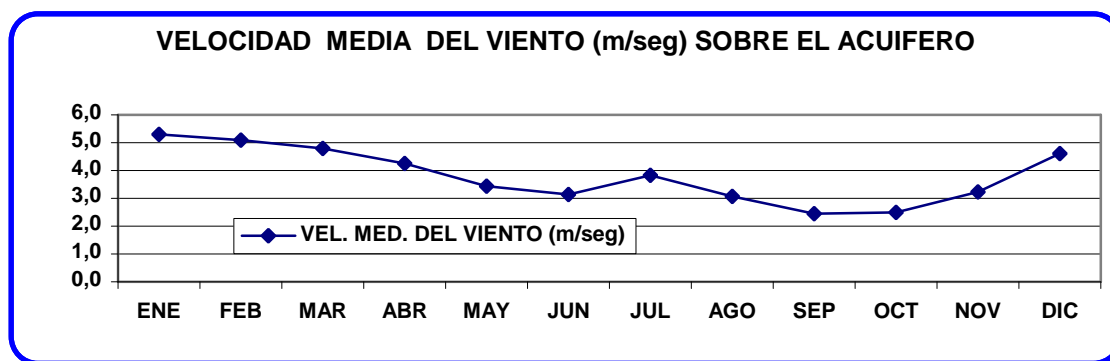
La velocidad media anual del viento es de 3.8 m/seg. La marcha anual presenta valores máximos durante la época seca en enero y febrero con máximos de 5.3 y 5.1 m/s respectivamente. En los meses subsiguientes, dichos valores disminuyen paulatinamente, alcanzando valores mínimos en octubre de 2.5 m/s.

A mediados del período lluvioso, se registra un leve máximo secundario de 3.8 m/s, en estos meses. Las velocidades mínimas se registran principalmente en las madrugadas y primeras horas de la mañana. Durante la época seca, las velocidades máximas del viento se registran principalmente entre las 10:00 y 16:00 horas. Sin embargo, en enero dichas velocidades se observan a lo largo de todo el día, ocurriendo las mayores velocidades entre las 11:00 y 13:00 horas. En

la época lluviosa, las máximas se presentan alrededor del medio día, siendo menores los valores de las velocidades máximas con relación a las velocidades del viento en época seca.

La frecuencia media anual de la dirección del viento es del este. En el período lluvioso, se observa que además de los vientos del este, ocurren del suroeste en los meses de mayo y junio. En el período de septiembre a octubre se registran las mínimas frecuencias porcentuales con dirección este.

Gráfica. N° 8



Fuente: El autor con datos de INETER.

2.3 Geología del área

2.3.1 Geología histórica

El área de estudio está situada en las proximidades de las estructuras geológicas más sobresalientes de Nicaragua. Ocupa parte de la Depresión Nicaragua, cerca de su falla oriental principal. Sus bordes están representados por estructuras levantadas, en parte falladas e inclinadas hacia el valle.

La estructura geológica más antigua es el anticlinal de Rivas, de edad Cretácico Tardío - Terciaria. Esta estructura es un remanente de un relieve geológico más antiguo, anterior a la creación de la depresión Nicaragüense. Una segunda estructura levantada es la cordillera volcánica cuaternaria joven, formada por el

volcán Mombacho y la Isla Zapatera, y perteneciente a la prolongación sur de la cordillera de los Marrabios.

Esta línea de volcanes, combinada con flujos de lavas, originó la formación de una barrera natural en el lado noreste del área estudiada.

Una tercera estructura que bordea el área es la elevada Meseta de los Pueblos se extiende al este – noroeste hasta el valle de Nandaime, se levanta casi horizontalmente, sepultando al anticlinal de Rivas.

El acuífero de Nandaime posiblemente esta relacionado al borde sureste de esta estructura, truncada por el sistema de fallamiento principalmente de la Depresión de Nicaragua, una estructura tectónica de Graben.

2.3.2 Formaciones o unidades geológicas del área

Las formaciones presentes en el área son las de Brito, Rivas y Cuaternarios (Las Sierras, Aluviales, Volcánicos y Residual). (**Mapa N°7**)

Las formaciones Brito y Rivas están compuestas de materiales sedimentarios; Las Sierras de materiales volcánicos, y los sedimentos actuales agrupados en formaciones aluviales cuaternarias, especialmente en los cauces y partes bajas del acuífero y los sedimentos fluvio lacustre a la orilla del lago. Las rocas de la formación Rivas se encuentran a escasos metros debajo de la superficie del terreno, sepultada por depósitos coluviales, aluvial, fluvial y lacustre, cuyo espesor total no es mayor de 6 m (Tahal 1977).

Otro tipo de formación presente son los cuaternarios formados por meteorización en la parte alta de las cuencas, los que van incorporados a los horizontes de suelos.

Formación Brito: Las rocas sedimentarias de esta formación afloran en el suroeste de anticlinal Rivas y se hunde suavemente en dirección al océano Pacífico; donde fueron encontrados por los pozos exploratorios, en la profundidad de 3500 m.

En la sección inferior de Brito, se observa una alternancia de esquistos arcillosos (pizarras), tobas, areniscas tobáceas y brechas. En la sección superior dominan tobas macizas y brechas volcánicas. El espesor general de la formación es de 2400m aproximadamente. Se observan las coladas de lavas andesito – basálticas.

Formación Rivas: Esta descansa sobre un basamento volcánico antiguo conocido como complejo Nicoya. Compuesta de areniscas, conglomerados y lutitas (rocas arcillosas y limosas de partículas muy finas) principalmente, con un espesor de mas de 2,500m.

Dentro de las formaciones Rivas y Brito predominan las lutitas que se alternan con tobas, lutitas tobáceas, areniscas y conglomerados. Estas rocas no descompuestas por los agentes meteoritos son duras, tenaces y resistentes. Las lutitas cuando están secas son duras pero, cuando son sumergidas en agua pierden su dureza.

Formación Las Sierras: Estos depósitos se exponen exclusivamente en el Graven de Nicaragua y están relacionados con los centros de volcanismo pleistocénico. Las lavas de la formación están sobrepuestas por las coladas holocénicas de basaltos y andesitas.

Se extiende desde Nandaime en el norte y sur del área de estudio, estratigráficamente es de edad más reciente; esta constituida por piroclásticos gruesos en parte meteorizados y poca compactación de lapilli, pómez, tobas líticas blancas y tobas aglomeráticas.

Lavas y piroclásticos cuaternarios. (Qvl, Qv)

Corresponden a manifestaciones volcánicas mas recientes del área, correlacionadas con la actividad del volcán Bombacho, de edad Plio- Pleistoceno. Las lavas (Qvl) afloran en las inmediaciones de la desembocadura del río Ochomogo, precisamente en las colinas del Brujo – San Ramón – Las Mesas.

Finalmente se expone la definición de Términos geológicos (Mapa N°7)

Qv: Depósitos piroclásticos de toba, pómez, lapilli y flujos de lava

Qr: Terrenos Arcillos- limosos sometidos a inundación constantes

TQps. Formación las Sierras

Qvl. Cuaternario volcánico lávico

Kr. Formación Rivas

Teb: Formación Brito.

2.4 Suelos de la cuenca

Una valoración general de las condiciones del medio físico se presenta a efecto de interrelacionar las aguas subterráneas respecto a su consumo y uso; en la zona se considera que la cuenca tiene un dominio de ganadería y agricultura. Por lo tanto se ha hecho un análisis de los tipos de suelos en la cuenca, descritos a continuación:

2.4.1 Mollisoles

Son suelos con un drenaje interno natural de muy pobre a bien drenado, de muy superficiales a muy profundos, en relieve de plano a muy escarpado, fertilidad de baja a alta; desarrollados de depósitos aluviales y lávicos sedimentados; de origen volcánico; rocas básicas y ácidas; metamórficas; sedimentarias y piroclásticas. Son de textura franco arenoso a franco arcilloso están localizados al sureste, oeste y noreste del área de estudio, cubren una extensión de 216.16 km².

2.4.2 Vertisoles

Son suelos muy arcillosos que durante la estación seca se contraen y presentan grietas anchas y profundas, estas se expanden en la estación lluviosa, tienen formación de micro relieve en la superficie, son de muy profundos a moderadamente profundos, el drenaje interno es de imperfecto a pobremente drenado, de fertilidad alta a baja. Desarrollados de tobas y de sedimentos

aluviales y coluviales, con pendientes en 0 y 8 % y precipitaciones que van de 800 a 2300mm. Se encuentran localizados al sureste del poblado de Nandaime y cubren un área de 110,01 km².

2.4.3 Inceptisoles:

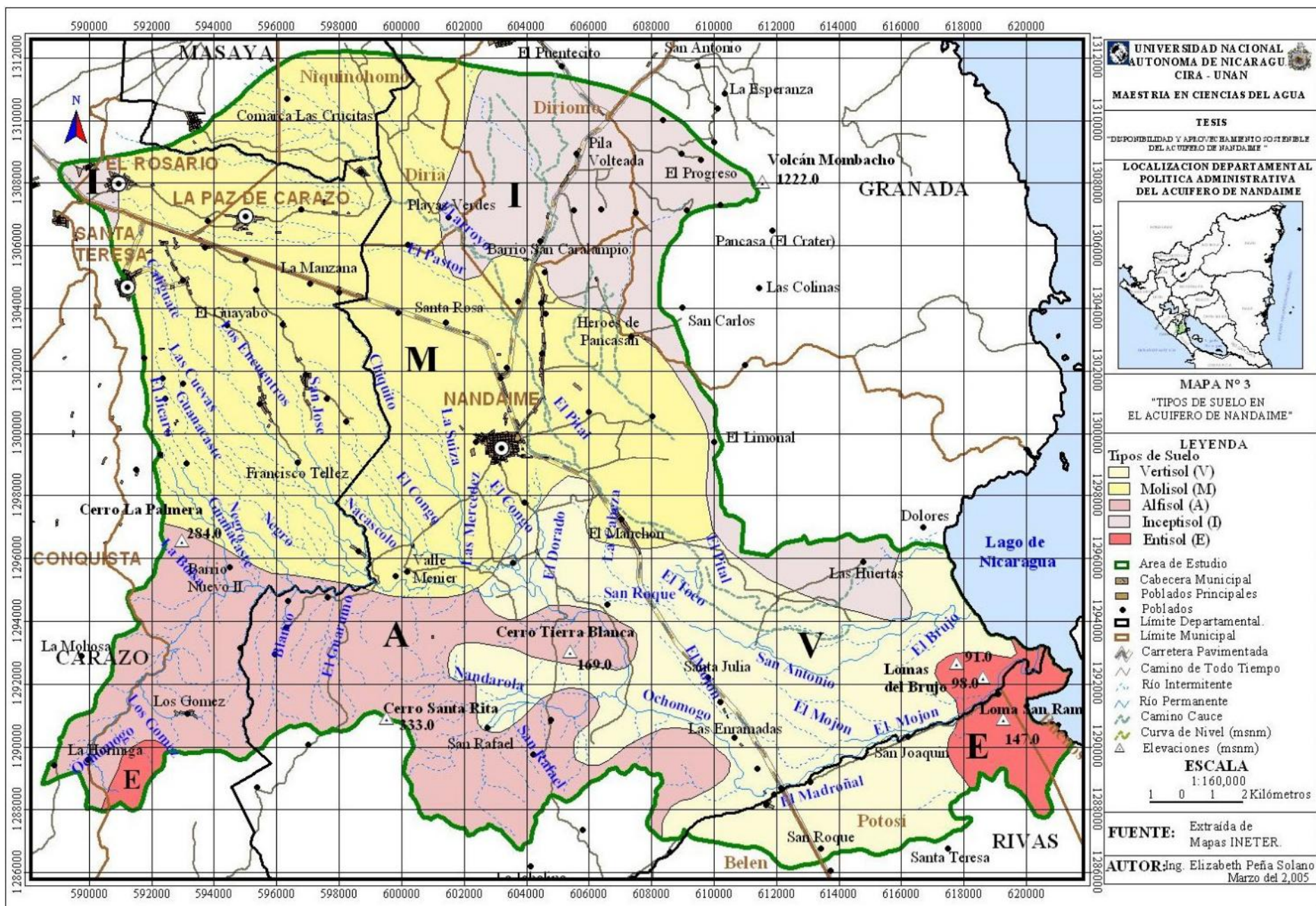
Los Inceptisoles son suelos profundos a superficiales, el drenaje interno del suelo es de imperfecto a bien drenados, con inundaciones ocasionales y prolongadas en algunas áreas. Se presentan en relieve de plano a muy escarpado, la fertilidad de estos suelos es de muy baja a alta. Son desarrollados de sedimentos aluviales, fluviales; coluviales, de cenizas volcánicas; de Rocas básicas y ácidas. De textura arena franca hasta arcillosa, franco arcilloso arenoso; se encuentran en la parte noreste y en pequeña proporción al noroeste cubren un área de 67.6km².

2.4.4 Alfisoles

Presentan un drenaje interno del suelo pobre, moderadamente drenados, a bien drenados, de muy profundos a pocos profundo. En relieve de plano a muy escarpados, con una fertilidad de baja a media. Desarrollados de rocas ácidas; básicas, metamórficas; materiales indiferenciados y estratos sedimentarios de lutitas. Texturas de arcillosas a franco arcillosos y franco arenosos. Se encuentran al suroeste y este, y cubren una extensión de 95.3 km².

2.4.5 Entisoles

Son suelos de formación reciente que tienen poca o ninguna evidencia de desarrollo de horizontes pedogenéticos, la mayoría no poseen horizontes, con drenaje interno excesivo, moderadamente bueno, pobre a muy pobre, profundos a muy superficiales, en relieve de plano a muy escarpado. Con rangos de pendiente que varían de 0.5 % hasta 75 % y más. La fertilidad del suelo es de alta a baja, en algunos suelos las inundaciones son frecuente y prolongadas durante la estación lluviosa. Las texturas tanto superficiales como del subsuelo varían de arenosas a arcillosas. Se hallan al sureste con una área de 17.3 km² (**Mapa N°3**)



2.5 Uso Potencial

2.5.1 Mollisoles

De acuerdo a las características edafológicas y climáticas los suelos Mollisoles son aptos para cultivos como algodón, ajonjolí, maní, maíz, sorgo, arroz, caña de azúcar, cultivos adecuados para pendientes de 0-15% con las debidas medidas de conservación y manejo. Los mismos con pendientes de 15-30 % son apropiados para pastos, piña y algunos frutales. Otros rangos de 30 –75 % son para bosques de explotación–protección, y Agroforestería en <50%. (Fuente. MAGFOR 2002)

2.5.2 Vertisoles

Debido a las limitaciones texturales y de drenaje interno estos suelos en su gran mayoría son adecuados, con riego, para cultivos como arroz, caña de azúcar, sorgo y bosques de explotación.

2.5.3 Inceptisoles

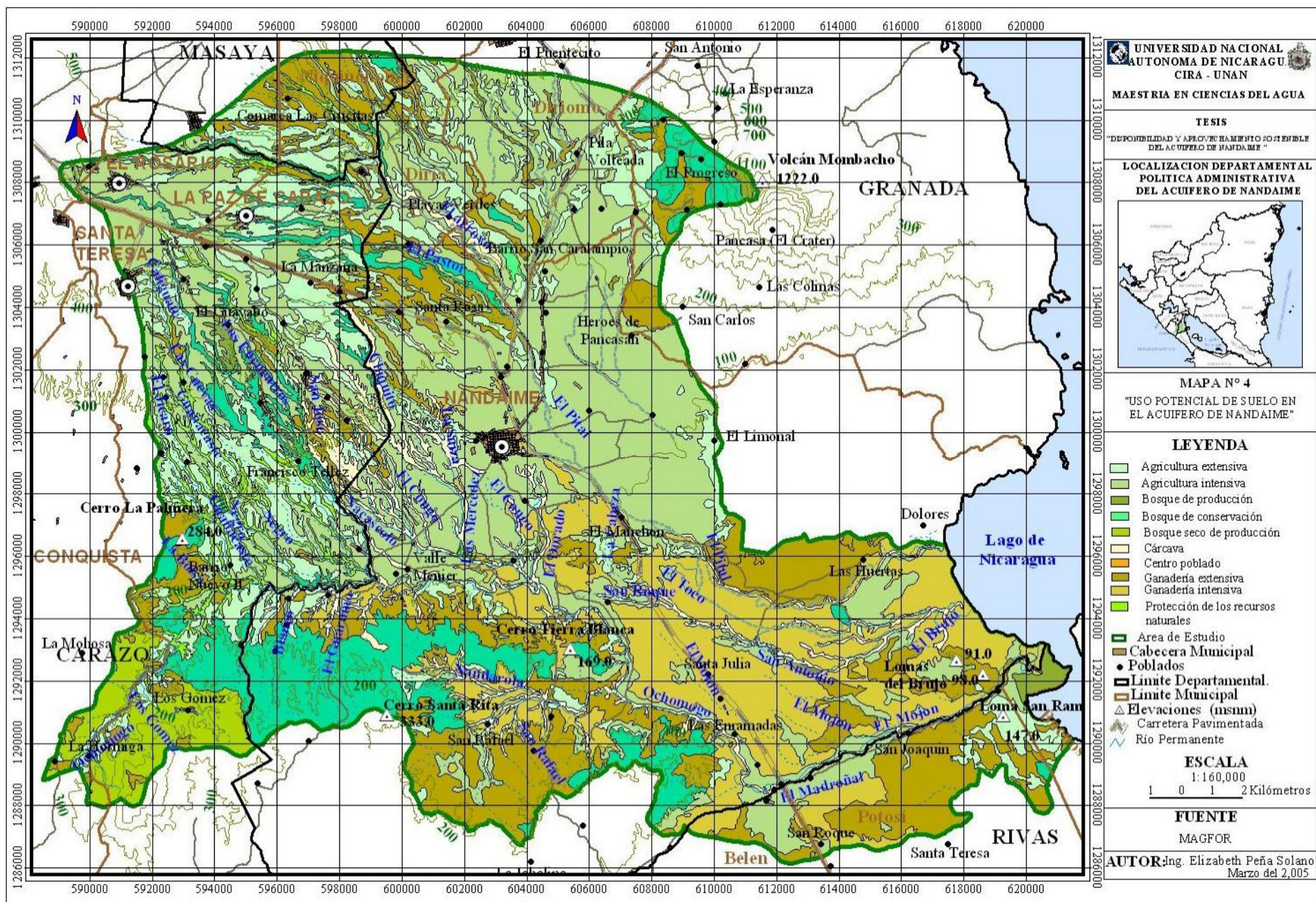
Estos suelos son aptos para cultivos como algodón, ajonjolí, cacao, maní, maíz, hortalizas, banano, plátano, piña, café, cítricos. En algunos casos por riesgo o susceptibilidad de los suelos a la erosión hídrica y/o eólica, se recomiendan para bosques o reforestación en su defecto. En otros casos, debido a deficiencias del drenaje interno de los suelos, presencia de tabla de agua alta, inundaciones frecuentes y prolongadas, fertilidad del suelo muy baja o relieve muy pronunciados; se recomienda para la protección de la flora y la fauna.

2.5.4 Alfisoles

Estos suelos están aptos para cultivos como maíz, sorgo, ajonjolí, caña de azúcar, yuca, arroz, plátano, piña, etc. Algunas áreas con problemas de drenaje interno del suelo (imperfecto y pobre), son aptos para pastos. Otras áreas con relieve de escarpado a muy escarpado, se recomiendan para bosques de explotación y de explotación–protección.

2.5.5 Entisoles

Los suelos Entisoles no son recomendados para ningún tipo de cultivo agrícola, el uso adecuado para estas tierras es forestería o vegetación natural, variedades de pastos adaptables a las condiciones y conservación de la flora y la fauna en las cercanías del lago de Nicaragua. **(Mapa N°4)**



2.6 Hidrología

2.6.1 Morfología de la subcuenca Ochomogo

La red de drenaje del área de estudio es dendrítica atendiendo al tipo de roca por donde circulan. El único río de mayor importancia es el Ochomogo, que sirve de línea divisoria con el departamento de Rivas; se distinguen corrientes menores de caudal reducido: Manares, Brujo, Chorrera y Medina, Los Gómez, La Pintada, Las Mercedes, Nacacoslo, El Pital, El Dorado.

El río Ochomogo y El Pital desembocan en el lago Cocibolca, frente a la isla Zapatera (punta El Menco), zona de descarga de las aguas. El siguiente cuadro muestra algunas de las características físicas de las microcuencas.

Características Físicas

Cuadro N °1

	NOMBRE DE MICROCUENCAS	Area(km ²)	L (Km)	Hmed	Tc (hr)
OCHOMOGO	Blanco	3,7			
	El Guanacaste	8,1			
	El Guarumo	8,7			
	El Jabillito	4,5			
	El Medina	45,5			
	Las Mercedes	56,8	8,18	233	4,82
	Mata de Caña	1,4			
	Nandarola	35,3	10,37	131	4,4
	Negro	3,6			
	OCHOMOGO	93,7			
	Ochomogo - Los Gomez	21,5	10,4	262,43	6
El Dorado	El Dorado	224,2	48,72	196,66	14,72

L. Longitud total en Km.

Hmed. Altitud media de la cuenca

Tc. Indica el tiempo de concentración en horas.

2.7 Agua Subterránea.

Los límites y el patrón de flujo están estrechamente controlados por las líneas estructurales principales. Es un acuífero complejo desarrollado sobre las acumulaciones cuaternarias y sobre en las formaciones Brito y Rivas, consideradas de permeabilidad secundaria.

La mayoría de los cultivos de la zona se realizan bajo irrigación. Estos sistemas se encuentran desarrollados total y parcialmente. La mayor; con aguas subterráneas que proviene del acuífero a través de pozos de bombeo. (Tahal Consulting, 1977)

En esta misma fecha fue realizado el balance hídrico subterráneo en el valle de Nandaime, donde solamente se considera el área regable en ese periodo.

Obteniendo los siguientes resultados.

Cuadro N° 2 **Balance subterráneo**

Recarga al acuífero	
Recarga directa	54.5MMC
Recarga de retorno por riego	6 MMC
Total de Recarga	60.5MMC
Descarga	
Descarga subterránea	33MMC
Extracción por pozos	27MMC
Descarga al río	0.6MMC
TOTAL DESCARGA	60.6MMC

Fuente: Tahal 1977 MMC. Millones de Metros Cúbicos

Desde 1977, fue el último estudio hidrogeológico que se ha realizado en la zona y actualmente no se disponen de estudios sobre la disponibilidad de las aguas subterráneas, dado la explotación de los recursos en los años posteriores, con la introducción masiva del riego en la zona, pudo haber afectado el nivel freático.

Los niveles en pozos excavados oscilaban entre 1.13 y 42.58 m en la zona media y baja del área de estudio; y en perforados de 1.07 y 55 m. (Tahal Consulting, 1977).

Según INETER (1995), el agua subterránea referida al nivel del terreno oscilaba de 3 a 20m de profundidad en la zona de descarga y 20 a 100m en la parte media y alta del área; el nivel piezométrico entre 39 y 250 msnm, estos valores a nivel regional.

La población del área ha aumentado considerablemente; tan sólo el municipio de Nandaime contaba con 32,510 habitantes, de los cuales únicamente 9,958 eran económicamente activos (INEC, 1995); teniendo como consecuencias el desarrollo de zonas urbanas que afectan la recarga del acuífero; y que significa un aumento en la demanda de suministro de agua a la población.

2.8 Hipótesis

1. La disponibilidad de agua subterránea es suficiente dadas las características hidráulicas optimas para el abastecimiento de la población actual.
2. La evaluación detallada del acuífero permitirá optimizar su aprovechamiento.

3.- DISEÑO METODOLOGICO

Para realizar el modelo conceptual del acuífero de Nandaime, se llevaron a cabo las siguientes etapas de trabajo:

3.1 Etapa preliminar

Consistió en la obtención de información, relacionada a actividades de gabinete: recopilación bibliográfica, exploración en INTERNET, visita a instituciones entre ellas INETER, MAGFOR, INTA, ENACAL, MARENA. La información recopilada, procesada y analizada tiene relación con los tipos de cultivos, meteorología, hidrología, hidrogeología, geología; así como datos de pozos entre niveles estáticos, piezométricos, transmisividad, capacidad específica, coeficiente de almacenamiento, uso y consumo, etc.

Esta información ha sido fundamental para la interpretación del modelo conceptual del acuífero, así como la definición de las áreas para el trabajo de campo.

3.2 Etapa de campo

La etapa de campo correspondió a la obtención de una base de datos actualizada, para interpretar el modelo conceptual del acuífero de Nandaime, y comparar la información ya existente del área con la recopilada en campo, logrando determinar el comportamiento del agua subterránea a través del tiempo.

En esta etapa se realizó un levantamiento hidrogeológico el que consistió en la medición de niveles estáticos del agua, en la estación seca; y parámetros físico-químicas de campo (conductividad eléctrica, pH, temperatura); que ayudan a entender la dinámica del acuífero. Cabe señalar, que en la medición de pozos se realizó la georeferenciación de puntos a través de GPS. De igual forma se realizó inventario de uso y consumo para cuantificar la extracción existente en el acuífero.

Las siguientes fotos reflejan las actividades realizadas en campo.

Foto A: Medición de niveles estáticos pozos excavados en el Km. 75 carretera a Rivas.

Foto B. Medición en el km. 61 carretera a Jinotepe



Foto A, 2004



Foto B, 2004

Asimismo se realizaron pruebas de infiltración para determinar la recarga del acuífero. Estas en sitios seleccionados de acuerdo al tipo y uso de los suelos estas pruebas se realizaron por el método de doble cilindro infiltrometros de 4 a 6 horas, en total se realizaron 7 pruebas. En la foto C se presenta uno de los sitios de pruebas ubicado en la comunidad la Manzana en el municipio de Santa Teresa.

Pruebas de infiltración



Foto C

Con la información generada en las pruebas de infiltración se procedió a calcular el coeficiente de infiltración para el cálculo de la recarga.

Para cumplir con los objetivos de investigar la geometría o estratos del acuífero propuestos en este trabajo se hizo prospección geofísica con el método electromagnético en el dominio del tiempo (en inglés time domain electromagnetic method TDEM). Este representa una de las variantes de los métodos electromagnéticos inductivos de exploración geofísica basado en el estudio de la propagación y atenuación de los campos electromagnéticos transitorios (Matveev, 1982).

El equipo empleado para efectuar los sondeos electromagnéticos (SE) fue el TEMFAST-48 se realizaron un total de 28 sondeos distribuidos

heterogéneamente en el área de estudio, 8 en la parte alta, 14 en la media y 6 en la baja (descarga).

Se realizaron 2 pruebas de bombeo para relacionar las características hidráulicas del acuífero con las ya existentes en la Dirección de Hidrogeología de INETER. Estas pruebas tuvieron una duración de 19 horas de bombeo y 6 horas de recuperación con un total de 24 horas, a caudal constante en las fincas de Santa Ana y Rodeo grande.

Obtención de información a través de encuestas a los diferentes actores sociales, que hacen uso del recurso hídrico subterráneo, así como datos de profundidad del pozo, caudal extraído, usos del agua, tipo de pozo, protección del pozo, tiempo de construcción del pozo, entre otros. El aumento de la población demanda mayor cantidad de agua, por lo que es necesario tomar en cuenta a los pobladores como usuarios del recurso y beneficiarios de este trabajo de investigación. Se aprovecho esta actividad para explicarle a las personas consultadas, los objetivos y los resultados de este estudio, así mismo se logro involucrar a los líderes y alcaldes auxiliares de cada comunidad.

3.3 Etapa de interpretación

En esta etapa se elabora el modelo conceptual, se identificaron las unidades hidroestratigráficas, las condiciones de fronteras y los datos necesarios para asignar valores a los parámetros del acuífero y las acciones a que está siendo sometido.

Se ha generado un banco de datos procesados de forma automatizada en programas excell, y sistemas de información geográficas como ArcView, Surfer.

Con toda la información obtenida se procedió al cálculo del balance hídrico subterráneo, para la evaluación de la disponibilidad. Este se realizo a partir de

datos como entradas –salidas = diferencia de almacenamiento con la siguiente ecuación:

$$(R + Q_c + R_r) - (B + Q_r + Q_p + E_{sub} + E_t + Q_a) - S = 0$$

Términos de Ingresos

$R+Q_c$: Suma de las recargas provenientes de la infiltración de las precipitaciones, infiltración de las aguas de corrientes superficiales, recarga artificial

Q_e : Entrada subterránea por otros acuíferos

R_r : Retorno por riego

2) Términos de egresos

B : extracción por bombeo de pozos

Q_r : Salida de aguas subterráneas a través de ríos

Q_p : Percolación profunda

E_{sub} : Escorrentía subterránea.

Q_a : Salida a otros acuíferos.

E_t : Perdidas de agua por evapotranspiración.

S : Variación del almacenamiento.

Donde se considera que la infiltración del agua, esta de acuerdo al tipo de suelo y de cultivo (recarga directa), retorno de riego, recarga lateral y extracción de pozos

Para la el calculo de la recarga se utilizaron datos de precipitación y evapotranspiración potencial de 3 estaciones Nandaime, Santa Teresa y Masatepe, para el año hidrológico 2003-2004. Así mismo se calculo la recarga potencial en el acuífero para el periodo 1990-2004, esto para relacionarlo con valor actual.

Para el cálculo del escurrimiento subterráneo se utilizó la Ley de Darcy:

$Q_{sub} = T \cdot i \cdot L$, estas variables en función de las características hidráulicas e hidrodinámicas del acuífero.

Asimismo el caudal de extracción y de base de los ríos, se obtuvieron a través de encuestas en el área y aforos en el río Ochomogo en la desembocadura del lago de Nicaragua.

Se elaboraron mapas temáticos a escala 1:50000 y gráficos de cada temática, así mismo se elaboró el mapa hidrogeológico del área con información geológica, sistemas de fallas, puntos de basamentos, perfil hidrogeológico, piezometría, rangos de profundidades del agua, características hidráulicas, curvas de nivel cada 100mts .

3.4 Materiales y equipos de campo utilizados

- Sonda eléctrica para medir los niveles estáticos y realización de prueba de bombeo en época seca y lluviosa.
- Mapas topográficos, geológicos, hidrogeológicos, climáticos, suelos
- El mapa de Geología fue tomado de INETER, pero analizado con los diferentes mapas temáticos que se relacionan con el, ejemplo mapa de uso potencial, mapa de tipos de suelos. Asimismo se analizaron los mapas Hidrogeológicos de la zona pacífica de Nicaragua.
- Infiltrómetros. Estos se utilizaron para realizar las pruebas de infiltración in situ, en áreas seleccionadas de acuerdo a los suelos.
- Papelerías y útiles de oficina
- Computadora
- Formatos de encuestas
- Machetes, pala, cinta métrica.
- Equipo de Geofísica Temfast.

4.- RESULTADOS Y DISCUSION

4.1 Evaluación Climática.

Precipitación

La precipitación media del año hidrológico del periodo 1990-2004 es de 2132 mm en la parte noreste (parte alta del Volcán Mombacho), 1503 mm en noroeste y de 1458 mm en el sector suroeste (Municipio de Nandaime); con mayor acumulado de lluvia del año hidrológico es septiembre en el sector noreste con un promedio de 438 mm, octubre en la noroeste con 262 mm y en la parte suroeste es octubre con un promedio de 277 mm (**Tabla N° 1**)

Así mismo, en el área de estudio, la precipitación difiere en los sectores noreste y suroeste; se determino que los años hidrológicos 1992-1993 y 1997-1998, han sido caracterizados como años secos en relación al índice de desviación de la lluvia. En el primero (1992-1993) el déficit correspondió al -26.1 %; mientras que en el segundo fue de -29.5 %, ambos años están relacionados con la presencia del fenómeno El Niño.

Se consideran años secos aquellos acumulados de lluvia anual, que registran déficit mayores al -15 % y húmedos, cuando se registran excesos superiores al +15 %, respecto media anual.

En el sector suroeste, los años secos han sido 90-91, 91-92, 92-93, 97-98 y 2000-01, el déficit de lluvia en dichos años es de -21.2, -32.2, 22.3, -31.6, y -21.9 %, respecto al valor promedio de precipitación del sector. Aquí existe una relación más directa entre la ocurrencia de déficit y la presencia de los eventos El Niño, ya que en los años mencionados, dicho fenómeno ha estado presente.

Contrariamente se registran años húmedos; en el sector noreste los años 2001-02 y 02-03, se han caracterizado como húmedos; en estos años los acumulados de

lluvia han superado los 26.4 y 39.2 % al promedio de lluvia del sector; de estos años únicamente 2001-2002 esta relacionado con el fenómeno La Niña.

En el sector suroeste los años húmedos fueron 93-94, 95-96, 96-97, 98-99 y 2002-2003, a estos corresponden excesos de 32.3, 25.6, 26.9, 24.8 y 18.9 % respectivamente; de los años mencionados únicamente el **95-96, 96-97 y 98-99**, están relacionados con la ocurrencia del fenómeno La Niña.

Durante el año hidrológico 2003-2004, se elaboró el balance hídrico, con resultados del acumulado anual de lluvia de 2103 mm en la parte noreste, de 1503 mm en la zona noroeste y de 1659mm en el sector suroeste; ambos valores se ubican en el rango de precipitación normal en cada una de las zonas; es decir que dichos acumulados de lluvia no fueron ni excesivos ni deficitarios.

Evapotranspiración Potencial

La evapotranspiración potencial 2003-2004 fue de 1798 mm y 1588 respecto a los 1766 mm y 1538mm de promedio. En el periodo 1990-2004, los acumulados de lluvia anual han sido mayores a la ETP anual, durante los años 93-94, 95-96, 96-97 y 98-99; estos años mencionados fueron caracterizados como años húmedos, (Tabla N° 2)

4.2. Geología

Después de una recopilación de información, se determinaron las principales unidades geológicas distribuidas en el área, en mayor escala se localiza el Grupo Las Sierras, seguida de los depósitos Aluviales, Coluviales, donde se concentran la mayoría de pozos existentes con características hidrogeológicas muy buenas. En menor área formación Brito y Rivas, (Cuadro N° 3).

El sistema de fallas atraviesan el área de estudio de forma normal y transversal, las principales se ubican sobre el cauce del río Ochomogo y El Arroyo; estas contribuyen al almacenamiento del agua subterránea, lo cual es notorio en los ríos de flujos permanentes, (Mapa N°7)

Maestría en Ciencias del Agua
 “Disponibilidad y Aprovechamiento Sostenible del Acuífero de Nandaime, año 2004”

GEOLOGIA DEL AREA DE ESTUDIO

CUADRO N° 3

UNIDADES	EDAD	AREA_Km ²	LITOLOGIA	LOCALIZACION
Tii	Terciario Intrusivo	6,5	Intrusivo Intermedio	Comarca cebadilla, los Castillos, Cerro la pitilla, poblado la Hormiga al suroeste de Nandaime
Kr	Cretáceo Sedimentario	0,4	Formación Rivas compuesta de pizarras tobáceas interestratificadas, Lutitas	Comarca casa de piedra al sureste de Nandaime
Qps	Cuaternario	2,1	indiferenciado	Lugar la Pista, Lomas del Brujo al sureste de Nandaime
Qv		17,1	Piroclásticos	Santa Rita, San José, Santa Ana, Com. Dolores, el Limonal
Qal		32,0	Aluvial	Hda Mecatepillo, el Cascajal, Domitila
Qvl	Cuaternario Volcánico	8,7	Lava Piroclásticos Indiferenciados	Volcán Mombacho
Teb	Terciario Sedimentario	97,6	Formación Brito compuesto de conglomerados basales	Mata de Tule, Com. Ochomogo, Los Gómez, La Argentina, Las Campanas, El Guarumo, Pata de Gallina,
Qr	Cuaternario	124,1	Suelo Residual	Poblado de Nandaime, Cuatro Esquinas, El Peludo, Cuatro Esquinas Noreste, sureste, oeste de Nandaime
Qvl	Cuaternario Volcánico	6,9	indiferenciado	Lomas San Ramón, Desembocadura el Menco
TQps	Terciario y/o Cuaternario Volcánico	211,6	Grupo Las Sierras	Zona norte y suroeste de Nandaime parte alta

4.3 Suelos

La edafología de la cuenca esta formada por las unidades de suelos dominantes.

La mayor extensión del área esta cubierta por los suelos Mollisoles, en una área de 216.6 Km², localizados al noreste, oeste del poblado de Nandaime. De igual manera se hallan los Vertisoles con un área de 110.1 Km². En menor recubrimiento están los Inceptisoles, Alfisoles y Entisoles.

4.3.1 Uso potencial confrontación con uso actual

Existe confrontación entre el uso actual de los suelos y el uso potencial, dado que estos están siendo utilizados en la mayoría para otros tipo de cultivos, ejemplo en la zona suroeste de Nandaime se utilizan para pastos, siendo recomendados para bosques (mapa N° 4 y 5), por lo tanto esto indica que no hay una relación con el uso potencial. En otras palabras no están siendo manejados adecuadamente de acuerdo a las características de cada tipo, así mismo las practicas de campo y el uso inadecuado de técnicas de campo para la siembra de cultivos, (Foto D .E) la foto D, muestra una de las practicas de campo utilizadas en el área quema de potreros, en la foto E, indica el uso de agua y suelo en el cultivo de arroz; zona de descarga del acuífero.



4.3.2 Uso actual

En la zona de estudio predominan los pastos con malezas con árboles y pastos manejados con un total de 180.84 km², en segundo lugar los cultivos anuales con 90.65 km² y Tacotales con 92.55 km². Con menor extensión de importancia, entre estos hay musáceas, vegetación arbustiva, café con sombra, bosque latifoliado abierto y cerrado (**Cuadro Nº 4 y Mapa Nº 5**).

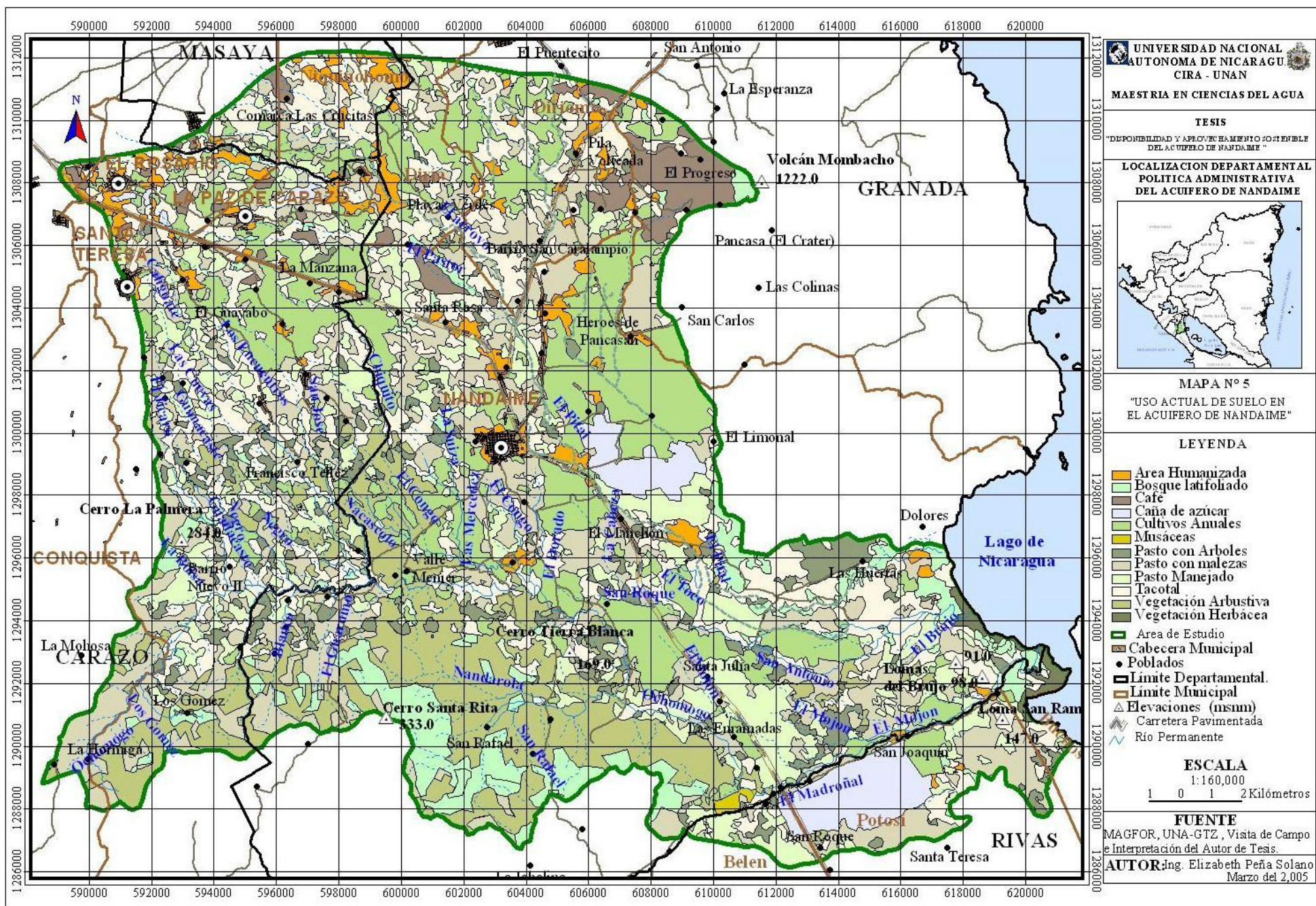
Posiblemente esto, obedece a que no existe desarrollo agrícola actual, donde los pequeños, medianos y grandes productores tienen las tierras en descanso por falta de financiamiento o de orientación técnica para que los agricultores implementen nuevos cultivos rentables, y óptimos de acuerdo al tipo de suelos

Cuadro Nº 4 **Uso actual de suelos**

Símbolo	DESCRIPCION	AREA(Km ²)
Mu	Musáceas	0,60
AH	Area humanizada	17,42
Bla	Bosque latifoliado abierto	12,38
Blc	Bosque latifoliado cerrado	16,93
Cf	Café con sombra	12,88
Ca	Caña de azúcar	15,14
Urb	Centro poblado	1,91
Agri	Cultivos anuales	90,65
Pasta	Pasto con árboles	21,62
Pas	Pasto con malezas	103,78
Pastm	Pasto manejado	55,44
Tac	Tacotal	92,55
Va	Vegetación arbustiva	63,44
Vh	Vegetación herbácea	2,19
Total		507,00

Sin embargo la relación agua subterránea uso actual de suelos indica que solamente el 20% del área de estudio (suelos vertisoles) esta siendo regada con agua subterránea en cultivos como arroz, plátanos y caña de azúcar, estos de forma localizados en la finca Santa Ana, Rodeo Grande, el Paraíso, la Conchita, Hda san Felipe, San Albino, El Carmen, Hda. El Toco (zona de descarga del acuífero) con una extracción de 14mmca.

El otro 80% del área esta siendo utilizada para pastos, tacotal, vegetación, área humanizada, café con sombra.



4.4. Hidrología.

La extensión hidrográfica de la cuenca del río Ochomogo es de 273 km², lo cual no coincide arealmente con el acuífero en estudio, de 507 km², esto se diferencia porque la delimitación de los mantos acuíferos esta en base a las características geológicas, hidráulicas e hidrodinámicas de las aguas subterráneas.

En el área de estudio la red hidrográfica comprende las microcuencas principales de los ríos: El Medina, Las Mercedes, Los Gómez, Nandarola, el Dorado, Guanacaste, etc, se consideran afluentes parcialmente de las aguas subterráneas.

En la parte alta del área no existen ríos de gran importancia, solamente cauces que drenan al lago de Nicaragua en época lluviosa.

En el cuadro N° 5, se muestran los aforos realizados en época seca (febrero, marzo, abril); y lluviosa (agosto, septiembre, octubre del 2004, estos en diferentes puntos del área de estudio, obteniendo un caudal base de 0.416 m³/s, en la desembocadura del río Ochomogo. Este dato ha sido utilizado en el balance hídrico subterráneo, como salida de las aguas subterráneas a los ríos, con un valor de 13.13mmca.

Cuadro N°5

Aforos realizados en la subcuenca río Ochomogo

Punto de aforo	Q m ³ /s feb	Q(m ³ /s) mar	Q(m ³ /s) abril	Qm(m ³ /s)	Q(m ³ /s) agost	Q(m ³ /s) sept	Q(m ³ /s) oct	Qm(m ³ /s)
Los Gómez	0,013	0,012	0,007	0,010	0,028	0,058	0,100	0,062
La Pintada	0,145	0,095	0,136	0,125	0,175	0,220	0,330	0,241
El Medina	0,233	0,238	0,233	0,234	0,289	0,356	0,106	0,250
Las Mercedes	0,284	0,285	0,255	0,274	0,542	0,555	0,466	0,521
Nandarola	0,003	0,002		0,0025	0,020	0,023	0,058	0,033
A. de la Presa	0,870	0,708	0,692	0,756	1,221	1,229	1,707	1,385
Desemb	0,151	0,055	0,025	0,077	0,265	0,433	1,570	0,756

Qm: Caudal medio

Fuente: Y.Caballero, 2004

4.5 Características Hidrogeológicas del acuífero

4. 5.1 Inventario y otras fuentes

Para la realización del estudio de las aguas subterráneas de este acuífero, ha sido posible mediante el inventario de pozos perforados y excavados. Con inventarios de campo en marzo y octubre del año 2004.

En el acuífero se contabilizan 124 pozos perforados y 169 excavados, los que contienen información hidrogeológica dispersa. Además, la mayoría de los pozos tanto perforados como excavados fueron hechos entre 1966-1985 (**Mapa N° 6**).

Están distribuidos heterogéneamente los excavados, y concentrados más los pozos perforados, en la zona sureste y oeste del poblado de Nandaime, donde existió un fuerte desarrollo agrícola hasta la década 90. Asimismo en el sector sur y norte de la cuenca están dispersos los excavados, ha excepción de la zona alta noroeste donde las profundidades son altas y se le hace difícil la excavación artesanal. (**Tabla N° 3**)

Los pozos perforados con mayor profundidad, varían de 283m (PP-101), localizado en la Paz de Carazo y 28m (PP-9) localizado en el Km. 60 carretera sur (Nandaime). En tanto que, los pozos excavados oscilan entre 1.5m a 150 m; en el Dorado y La Cruz de San Marcos, respectivamente.

En el área de estudio se localizan otro tipo de fuentes como son las aguas superficiales especialmente en el sureste y suroeste del poblado de Nandaime, están utilizadas para riego y uso doméstico en algunas comunidades rurales, tales como San Ramón y San Rafael.

4.5.2 Uso y consumo

En campo se acopió la información de extracción de agua subterránea para riego, potable, doméstico, industrial en el área. El mayor consumo con 14 mmc anuales es para regar los cultivos (77 % del agua extraída) por medio de 20 pozos perforados en la zona rural, a razón de bombeo de 8 a 19 horas (Finca Santa Ana, Rodeo Grande, el Toco, las Colinas, San José, el Carmen, el Paraíso, San Felipe, etc).

En segundo lugar, la extracción de agua potable / doméstico de 2.28 mmc anuales, a través de 10 pozos perforados, ubicados en Nandaime, Santa Teresa, la Barranca, la Escoba, Medina N°2, Los Ranchones, el Coyolar. Así como de 130 excavados ubicados en la zonas rurales.

Y en tercer lugar es el consumo industrial con 2 mmc anuales, en dos pozos de explotación del Matadero San Martín.

La cuantificación total de extracción es de 18.28 mmca, registrada en cuadro N° 6 y gráfica siguiente.

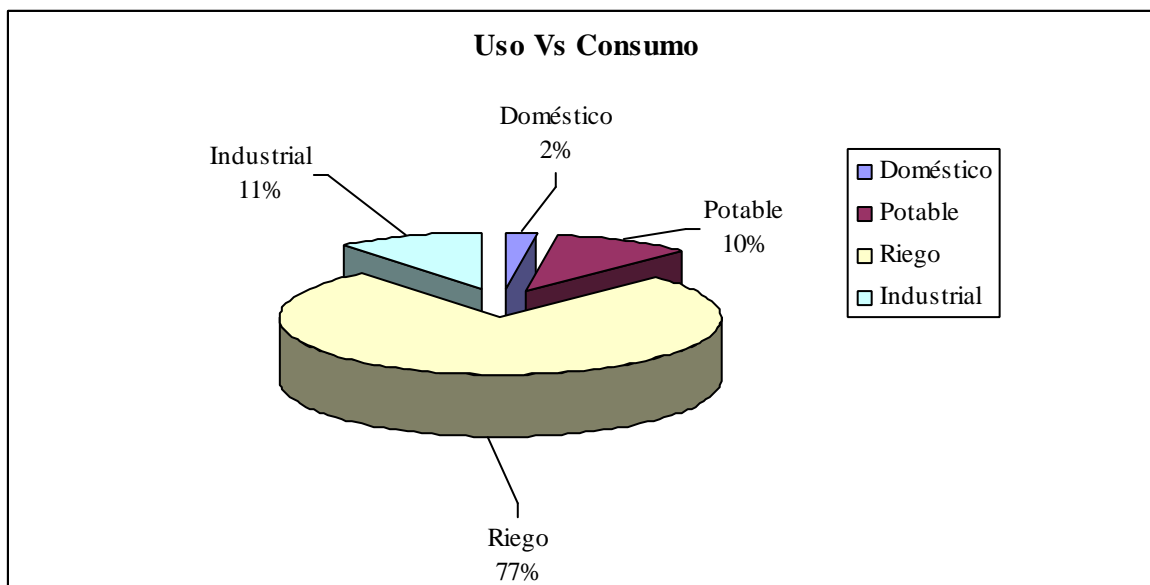
Uso y Consumo

Cuadro N°6

USO	CONSUMO (mmca)	FUENTE
Doméstico	0,41	130 Pozos excavados
Potable	1,87	10 Pozos perforados
Riego	14,00	20 Pozos perforados
Industrial	2,00	2 Pozos Perforados
Total	18,28	

Fuente: Elaboración propia

Gráfica N° 9



De acuerdo a información de uso actual suelo-agua, se logro verificar en campo que la extracción por riego con agua subterránea- superficial, es menor al compararlo con los años 70-90 época de riego en cultivos como algodón y caña de azúcar; donde el 90 % (44) pozos eran utilizados de forma intensiva.

Actualmente del total de pozos inventariados en campo (124), solamente se están utilizando 20 pozos para riego, distribuidos en la descarga del acuífero. Los cultivos en regadío son caña de azúcar, plátano y arroz por inundación.

4.5.3 Medio Hidrogeológico

La cuenca hidrogeológica del acuífero de Nandaime se constituye de un medio hidrogeológico poroso y permeable, en la que predominan materiales volcánicos y aluviales que han rellenado una depresión al centro del área de estudio; se intercalan materiales finos y gruesos indistintamente en el subsuelo.

En relación a la geometría del acuífero, limita al norte con la barrera hidráulica regional; en el oeste comprende el parteagua hidrográfico; al sur el río Ochomogo en la zona alta, en contacto con materiales impermeables de la Formación Rivas; y al este y sureste el lago Nicaragua y barrera hidráulica del área de Rivas.

La litoestratigrafía del acuífero se ha corroborado con investigaciones de prospecciones geofísicas aplicadas, debido a carencia de registros litológicos suficientes de pozos; principalmente en la planicie de Nandaime. Esto ha definido con mayor detalle el espesor de las capas, la frontera entre los depósitos aluviales y la formación Las Sierras, así como la localización del techo del basamento hidrogeológico impermeable.

4.5.3.1 Descripción de la litología del acuífero

La definición de la litoestratigrafía del acuífero se realizó con la interpretación de 71 pozos con registros litológicos e información de sondeos geofísicos, con lo cual se trazaron 5 perfiles transversales de oeste a este, 1 longitudinal de norte a sur. (Mapa N° 7).

Los perfiles transversales 1-1', 2-2', 5-5', han sido realizados solamente con información de los sondeos geofísicos, dado que en estos sectores no hay información litológica de pozos. El perfil 1-1' se encuentra localizado en la zona de recarga del acuífero, con una longitud de 7.5 km, de noroeste a suroeste, las principales formaciones presentes son Las Sierras y El Salto, así mismo el perfil 2-2', con una longitud de 11 km. En este se observa como la Formación Las Sierras disminuye el espesor a medida que se acerca al centro del poblado de Nandaime.

La distribución estratigráfica está interdigitada con las facies litológicas permeables de la formación Las Sierras y los depósitos Aluviales. Asimismo, el basamento hidrogeológico se constituye probablemente de la Formación Brito y El Salto, el cual se profundiza hacia la zona norte, este y suroeste y se acuña en el

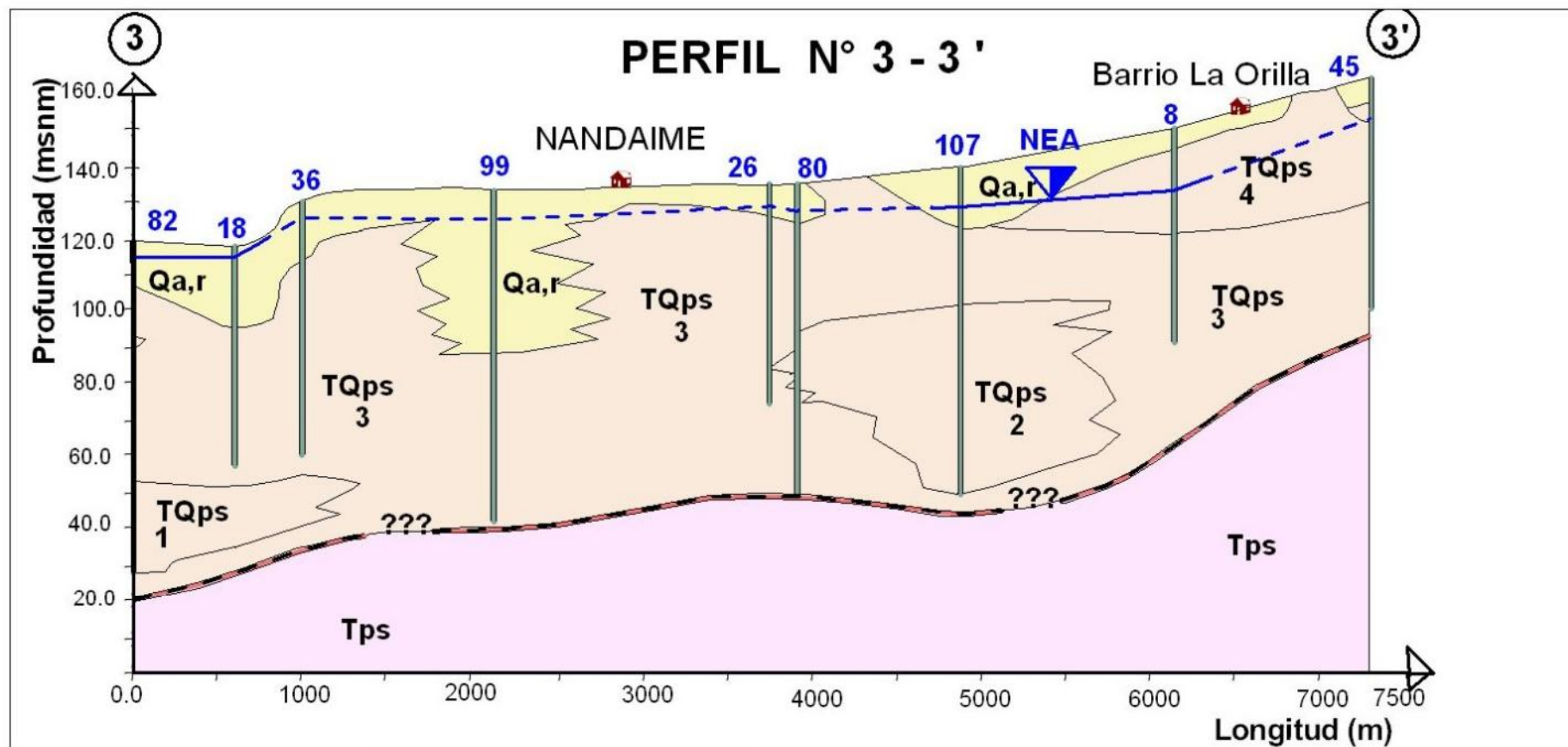
sur en dirección al río Ochomogo. No existe una distribución uniforme de los materiales permeables (perfiles 3-3', 4-4', 5-5, 6-6').

El material hidrogeológico esta compuesto por materiales sedimentarios, de granulometría variada desde arcilla, limo, arena y gravas.

Por otro lado, el acuífero presenta un carácter de semiconfinamiento parcial en algunas áreas, debido a la potencia de estratos limoarcillosos. Esta capa tiene un espesor de 15 a 28m, al suroeste de Nandaime cerca del poblado La Calera (PP-82), así como al NE del valle. Sin embargo los pozos no penetran totalmente el basamento por lo que se considera que existen las posibilidades que en la parte central del área se encuentran mayores espesores, esto se observa en el (**Perfil N° 3-3'**) que va desde la comarca la Calera hasta el barrio la Orilla al noreste de Nandaime, con una longitud de aproximadamente 7.5 km,

Las formaciones Cuaternarias y las Sierras presentan espesores importantes de aproximadamente 70m en la zona noroeste y a 90 m al centro del poblado de Nandaime.

La profundidad del basamento hidrogeológico en esta área, se halla entre los 20 a 90 msnm, siendo la menor al sureste y en el noroeste con mayor, respectivamente. Cabe mencionar que predominan en el subsuelo, los depósitos de gravas y arenas, y hacia la superficie del terreno una capa de arcillas mezcladas con limo y arena.

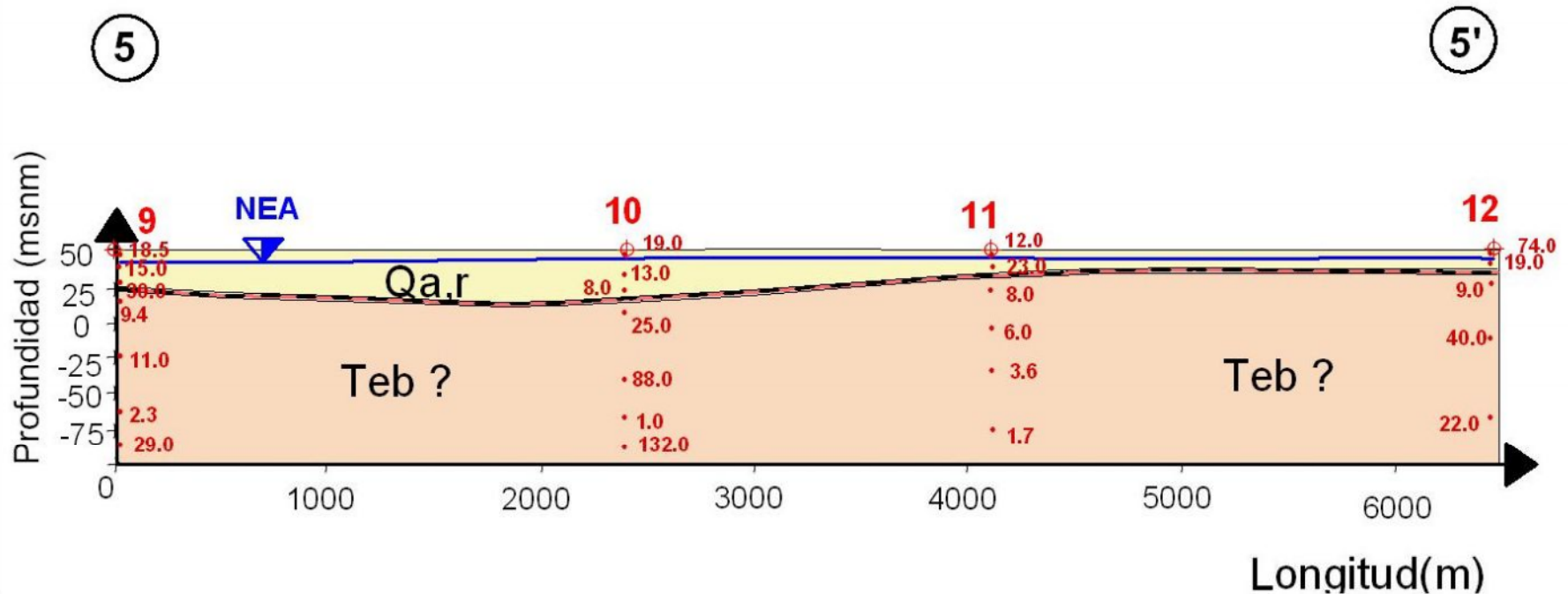


Sin embargo en el entorno de la carretera panamericana, se encuentra una capa de material grueso compuesto de arenas medias y gruesas, con intercalaciones de material fino. Esta alcanza espesores aproximadamente de hasta 95m, cerca del ingenio Amalia (PP-100), así mismo se observa una capa acuífera de gran importancia hidrogeológica formada por las formaciones cuaternarias y las Sierras; compuestas por materiales como arenas finas, limos, arena gruesa - media y grava. Esto se puede apreciar en el Perfil 4-4' que cubre una longitud de 4 km. El basamento hidrogeológico impermeable corresponde a las formaciones Brito y el Salto.

La capa con depósitos piroclásticos finos de la Formación Las Sierras, son producto de la meteorización. Esta se encuentra ausente espacialmente en dirección hacia el lago de Nicaragua, los espesores se reducen hasta desaparecer en las lavas del cuaternario a la orilla del lago, (**Perfil 5-5**).

En esta área, no existe información litológica de pozos, con lo cual se aplicó el método geofísico para determinar los espesores permeables. Los resultados sugieren que los estratos tienen una potencia de 36 m, al NE del valle en dirección al lago Nicaragua y se acuan en 15m hacia el río Ochomogo. (**Tabla Nº 6**)

PERFIL N° 5 - 5'



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTONOMA DE NICARAGUA
CIRA - UNAN

MAESTRIA EN CIENCIAS DEL AGUA

TESIS

" DISPONIBILIDAD Y APROVECHAMIENTO
SOSTENIBLE DEL
ACUIFERO DE NANDAIME "

LOCALIZACION DEL PERFIL N° 5 - 5' EN EL ACUIFERO DE NANDAIME



LEYENDA

Formaciones Geológicas

Qa,r Cuaternario residual y/o aluvial

Teb ? Formación Brito Inferior

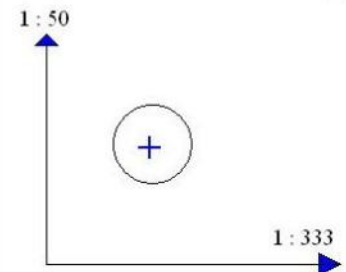
Profundidad de Basamento

12 Sondeo Electromagnético
y Número de Orden

6 Valor de Resistividad

Nivel Estático del Agua (NEA)

ESCALAS APROXIMADAS (m)



FUENTE

Elaborado por Autor de Tesis.

AUTOR

Ing. Elizabeth Peña Solano

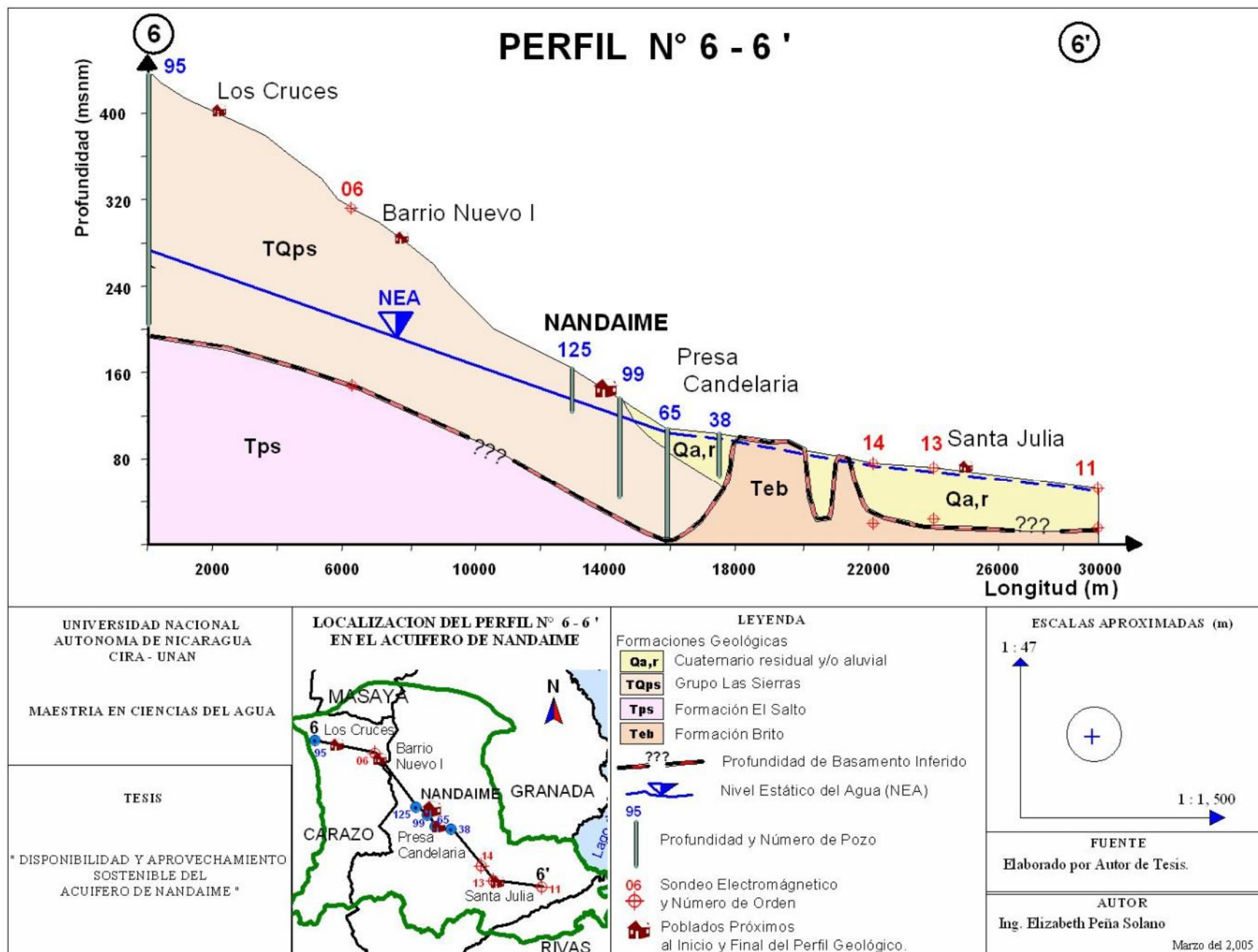
Marzo del 2,005

Una representación del subsuelo de la cuenca acuífera, contiene el perfil hidrogeológico (6-6') con una longitud aproximada de 30 km. desde el poblado Los Cruces hasta La finca Santa Julia, se observa la distribución de la litoestratigrafía de las diferentes formaciones. En la zona de recarga, los pozos penetran parcialmente las capas permeables de las formaciones Cuaternarias de Las Sierras, que aproximadamente alcanza un espesor de 220 m, justo al contacto de la capa impermeable de la formación El Salto.

Esta disminuye como capa acuífera conforme se acerca al lago de Nicaragua hasta desaparecer, así mismo en la zona de almacenamiento (media), no todos los pozos han penetrado hasta el basamento (PP-99, PP38).

De acuerdo a resultados de sondes geofísicos y mapa geológico la formación Brito aflora cerca de la comarca Jonatan González aproximadamente unos 2 km de longitud, sin embargo existe almacenamiento de agua a través de fallas geológicas que atraviesan el sector. Lo que nos lleva a inferir el basamento hidrogeológico impermeable, lo recomendable en este caso es realizar estudios a detalles de fallas o fracturamientos existentes en el área.

La interpretación de estos perfiles indican que el acuífero presenta buenas condiciones desde el punto de vista geológico para un buen aprovechamiento del agua subterránea.



4.5.4 Características Hidráulicas del acuífero

Para la evaluación hidráulica del acuífero, se obtuvo información de pruebas de bombeo de 44 pozos de los archivos de la Dirección de Hidrogeología de INETER y de pruebas de bombeo realizadas en el estudio. Esta información constituye una base para evaluar los diferentes parámetros hidráulicos del acuífero.

Las propiedades de un acuífero que comprende la determinación de los parámetros de transmisividad, caudal de bombeo, coeficiente de almacenamiento y capacidad específica, solamente se conocen a través de pruebas de bombeos.

La valoración de los mismos, permiten seleccionar el caudal de explotación adecuado y la variación de los niveles en el tiempo. En el cuadro N° 7, se presentan los datos de características hidráulicas más importantes de cada pozo.

Maestría en Ciencias del Agua
“Disponibilidad y Aprovechamiento Sostenible del Acuífero de Nandaime, año 2004”

Cuadro N° 7 Datos de principales características hidráulicas en el acuífero de Nandaime

N° TEST	N° INETER	TIPO	LOCALIZACION	ESPESOR(m)	Q(m ³ /hr)	Q(m ³ /hr/m)	I(m ³ /día)	K(m/día)	S
1	2	PP	Nandaime	78,1	36		1118	14	
2	3	PP	Nandaime	87,0	136		986	11	
3	4	PP	El Paraíso	78,0	314	29	2000		
4	6	PP	La Concha		197	18	462		
5	7	PP	Hda. San Felipe	27,2	273	28	2144		
6	8	PP	Hda. San Felipe, oeste	40,7	272	41	1628	40	
8	10	PP	Los Ranchones	13,3	17	17	523	39	
11	17	PP	Jesus Maria				273		
13	19	PP	El Paraíso	50,0	173	28	1132	23	
14	20	PP	El Paraíso	39,9	341	16	620	16	
15	21	PP	Hda. El Toco	55,0	272	14	552	10	
16	26	PP	Matadero San Martín	50,0	57		1780	36	
18	28	PP	Hda. El Toco		227	7	260		
21	31	PP	Hda. Las Mercedes	85,4	250	7.5	640	8	
22	32	PP	La Vaca. Hda. Las Mercedes	91,0	250	12	747	8	
23	33	PP	Rio Chiquito Hda. Las Mercedes	92,0	250	11	420	5	
24	34	PP	El corral Hda. Las Mercedes		299	16	644		
25	35	PP	La punta Hda. Las Mercedes	105,0	340	28	1116	11	
26	36	PP	Ingenio Amalia		250	17	689		
28	38	PP	Las Colinas		191	12	460		
29	39	PP	Km 66 carret. Sur	41,4	100	9	784	19	
31	41	PP	Hda. San Felipe	66,1	250	13	368	6	
33	43	PP	San Felipe	62,4	256	19	748	12	
34	45	PP	Hda. La 21		83	28	1251		0.290
35	47	PP	San José		272	17	688		
36	48	PP	Hda. San José (Albino)		296	37	1723		
37	49	PP	Hda. Cabosa	68,4	250	24	964	14	
41	53	PP	Hda. El Carmen		158	14	1144		0.470
42	54	PP	Buena Vista del pital	35,1	176	28	1132	32	0.610
45	57	PP	Hda. El Paraíso al sur de Nand	44,2	181	12	460	10	
46	58	PP	Ingenio Amalia	79,9	131	22	860	11	
47	59	PP	Hda. Las Mercedes El peludo	80,3	340	15	612	8	
48	60	PP	Valle Menier El Nacascolo	91,2	250	12	464	5	
49	61	PP	Valle de bolsa	92,7	250	12	496	5	
50	62	PP	Valle Menier El Rincón	78,1	204	16	437	6	
52	65	PP	Los Porvenires	100,7	159	3	128	1	
53	66	PP	Ingenio Amalia(el dorado)	103,2	250				
54	67	PP	Los Porvenires	97,7	250	27	1096	11	
55	68	PP	Hda. Valle Menier	39,2	159	5.0			
118	1	PP	Hda. Mecatepillo	48,9	227	21	216	4	
119	2	PP	Hda. Santa Ana.		250				
120	3	PP	Hda. Santa Ana.	57,5	250	12	690	12	
121	4	PP	Hda. Santa Ana.	56,6	273	24	1584	28	
122	5	PP	Hda. Santa Ana.	57,5	250	12	1561	27	

Fuente: Elaboración del autor a partir de datos de INETER.

4.5.4.1 Transmisividad (T)

La transmisividad es la medida de la capacidad del espesor total del acuífero de transmitir agua horizontalmente y se mide en (m²/día). Este parámetro tiene una relación directa con la litología de los pozos y depende del espesor penetrado.

La cuantificación de la transmisividad de un acuífero es importante porque permite conocer el radio de influencia entre pozo y pozo y además pronosticar descensos del comportamiento del acuífero. Así mismo es un parámetro que ayuda a obtener la cuantificación del potencial subterráneo.

En la zona sureste del área los valores de transmisividad varían de 128 a 1132 m²/día, distribuidos estos en Las Mercedes, El Peludo, río Chiquito. Al centro del poblado de Nandaime, Finca el Paraíso los valores encontrados son de 620 a 2000 m²/día.

Así mismo en la parte sureste del área los valores oscilan entre 128 a 1132 m²/día, ubicados en finca los Porvenires, el Paraíso, presa Candelaria, las Conchitas etc. En la zona noreste del área estos varían de 368 a 2144 m²/día. En Barrio la orilla, la Barranca, Los Ranchones, finca San Felipe, el Carmen.

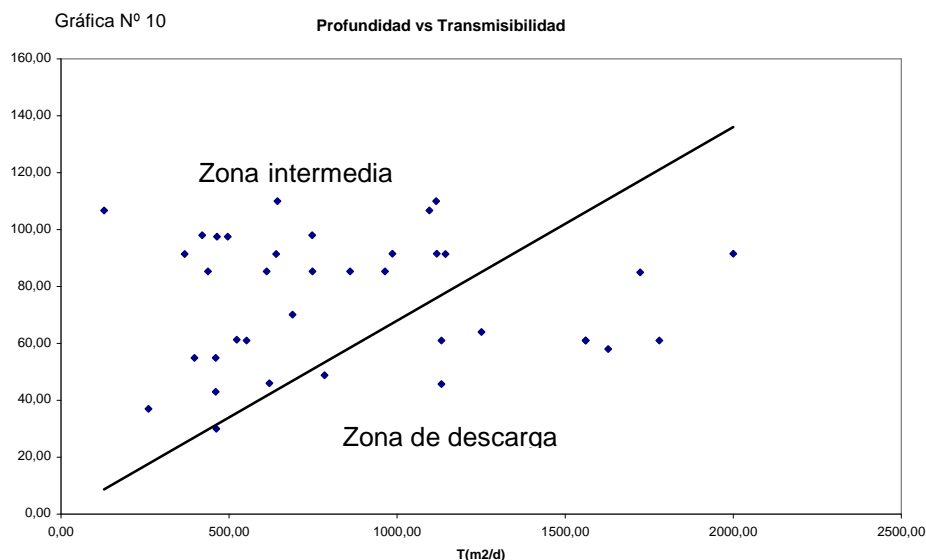
En la zona de descarga sobre la carretera panamericana en la comarca el Pital, Santa Rita, San Albino, Santa Ana, y hda. Mecatepillo los valores varían de 260 a 1584 m²/día.

En consideración a lo antes expuesto los valores de transmisividades máximos y mínimos son de 2000 m²/d (PP-3), localizado en la hda. San Felipe al noreste del poblado de Nandaime, y 128m²/d (PP-53) en Los Porvenires al sureste.

En el mapa Hidrogeología del acuífero de Nandaime, se representan con polígonos los diferentes rangos de transmisividad en el área, estos han sido determinados de acuerdo a información, de pruebas de bombeo. En la zona alta noreste y oeste no se define el rango en el mapa pero si se tiene evidencias de acuerdo a los espesores encontrados, geología y caudales de producción por lo tanto se considera que posiblemente estos rangos estén entre 10<T<1,000(m²/día) con denominación hidrogeológica de alta.

Así mismo en la zona suroeste en el poblado la Hormiga, san Rafael no se dispone de información de pozos en este caso se determino el rango con geología (1<T<10), denominación baja.

En la siguiente gráfica, muestra el comportamiento de la profundidad de los pozos con la transmisibilidad, donde los mayores valores se localizan en la zona sureste (descarga) del área de estudio; esto indica que el acuífero presenta buenas característica hidráulicas desde el punto de vista hidrogeológico



4.5.4.2 Comportamiento de caudales de producción (Q)

Los caudales del agua subterránea son variables en función del lugar, de la demanda y potencialidad del acuífero.

En la zona suroeste los valores oscilan entre 8 a 341 m³/hr, así mismo en la zona sureste varían de 136 a 314 m³/hr. En el noreste varían de 24 a 296 m³/hr.

Se han encontrado valores máximos de 341 m³/h (PP-14) en la zona suroeste del poblado de Nandaime, localizado en la punta Hda. Las Mercedes a una elevación topográfica de 104 m, así mismo se encontró el caudal menor de 8 m³/hr (PP-77) en la zona suroeste ubicado en la comunidad Martín Cortés.

Estos valores extremos de caudales 8 m³/hr no representan las características generales del acuífero, porque algunos pozos no penetran totalmente los estratos permeables, por lo tanto solamente pueden considerarse como casos puntuales de caudales en el área.

4.5.4.3 Rendimiento del acuífero o capacidad específica

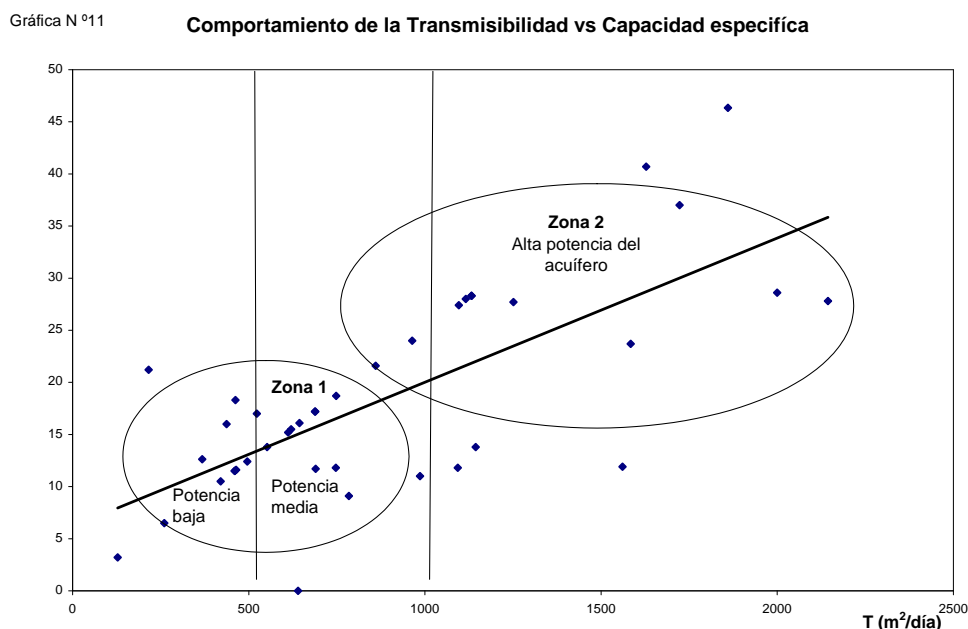
La capacidad específica o caudal específico, expresada en (m³/h/m), expresa la relación entre el caudal extraído (Q) de un pozo y el descenso del agua o abatimiento observado en el mismo.

Las magnitudes de este parámetro obedecen a situaciones de pérdida conjuntas del sistema acuífero-pozo y que dependen del método de perforación del pozo, posición de la rejilla, y desarrollo hidráulico.

La información inmediata sobre las propiedades productivas de los acuíferos, se obtienen de los caudales específicos de los pozos ensayados durante su construcción, ya que existe una dependencia del espesor penetrado bajo el nivel de saturación del acuífero y la conductividad hidráulica esta tiene una relación con el caudal específico, que es directamente proporcional a la profundidad del pozo.

En el área de estudio se han encontrado valores puntuales de capacidad específica de 46 a 3 m³/hr/m como máximos y mínimos, respectivamente, estos se localizan en la Hda. San Felipe (PP-7) y Los Porvenires (PP-52).

Sin embargo en la gráfica N°10 se muestra el comportamiento de la transmisividad con respecto a la capacidad específica, donde se observa que los mayores valores de T (m²/día) se corresponden con Q (m³/hr/m) estos son relativos en ambos casos indicando las mejores zonas de explotación la zona de potencia media y alta del área de estudio.



4.5.4.4 Conductividad hidráulica o Permeabilidad

Esta representa la velocidad real a la cual se mueve el agua en el medio poroso.

La ecuación para el cálculo de este parámetro es:

K: es la conductividad hidráulica en m/d, $K = T/b$

T: Es la transmisibilidad en m^2/d , $T = k \times b$

b: espesor saturado del acuífero o lámina de agua atravesada en (m)

En el área de estudio los valores oscilan entre 1 y 40 m/día, localizados en la Fca. San Felipe (PP-7) y Los Porvenires (PP-52), respectivamente.

Cuadro N° 8

Resumen de las características hidráulicas

MAGNITUDES	MINIMO	MAXIMO	LOCALIZACION
Transmisividad (m^2/d)	128	2144	Los Porvenires y Fca. San Felipe
Capacidad Esp. ($m^3/h/m$)	3	46	Los Porvenires, Fca. San Felipe
Caudal (m^3/h)	8	341	Fca. El Paraíso, Valle Menier
Conductividad (m/d)	1	40	Los Porvenires, Fca. San Felipe ,

4.5.4.5 Espesores saturados

Los espesores saturados están estrechamente ligados con las profundidades de los pozos y del agua, en la zona de estudio hay valores de 2.6m (PP-66) ubicado en las instalaciones de ENABAS San Diego y de 11m (PP-76) en la hda. San José (Albino).

Este parámetro depende de la condición económica del dueño hasta que profundidad desea perforar el pozo. Es un parámetro muy importante dentro de las características hidráulicas, ya que permite identificar la columna de agua existente.

En la zona de estudio no todos los pozos penetran totalmente existe una penetración parcial o sea que no han llegado, hasta el basamento o la capa impermeable.

4.5.5 Condiciones hidrodinámicas del acuífero

El agua subterránea en el área de estudio se mueve desde las partes altas a las bajas, bajo un gradiente hidráulico natural.

Para definir el movimiento del agua subterránea es necesario constar con información de la superficie freática.

La caracterización hidrodinámica de las aguas subterráneas, se ha obtenido con el banco de información existente de INETER, y mediciones realizadas en marzo y octubre, del 2004

Del análisis e interpretación de los datos, se confeccionaron los mapas con la configuración areal de la superficie piezométrica en condiciones actuales, indicando que el agua subterránea se mueve en dirección preferencial al Lago de Nicaragua (**Mapa N° 7**).

4.5.5.1 Profundidad del agua subterránea

La profundidad de las aguas subterráneas es variable en tiempo y espacio, además dependen de la explotación del acuífero y de la topografía del terreno.

En la zona sureste del área las profundidades del agua varían de 2.7 m a 16.90 mts, así mismo al suroeste varían de 1.50 m a 6.90mts. En la recarga del acuífero en el noreste estas profundidades oscilan entre 30 a 130mts, y en el noroeste de 2.50 a 182 mts.

Existe una variación de niveles de 0.10cm como máximo en algunos sectores, entre la época seca y lluviosa, con relación a las profundidades medidas en el mes de marzo y octubre del año 2004. En otros casos el nivel del agua se mantuvo constante no hubo diferencia, (**Tabla N° 3, 3.1**)

4.5.5.2 Fluctuaciones

Una de las principales limitantes en el análisis del comportamiento de las fluctuaciones ha sido la falta de registro sistemáticos de niveles de agua en los diferentes años, por lo tanto se realizó un análisis espacial en cuanto a recarga y descarga con años anteriores de 1970, 1980, 2000 y el actual de 2004.

En la zona de descarga para 1972, el nivel promedio oscilaba entre 7.08m y actualmente es de 4.80 m, con una diferencia de nivel de 2.29 m, lo que hace indicar que la zona de descarga para ese año con el actual ha ascendido el nivel estático. Esta se localiza en entre el Pitalito y el ingenio Amalia, con baja extracción de agua. Así mismo en la zona de recarga para los años 75, 76,77 ha ascendido el nivel con respecto al 2004, todo lo contrario en la zona de descarga donde en los tres años comparativos hay un descenso de niveles.

Fluctuaciones de las Zonas altas y bajas del área de estudio

Cuadro N°9

Zonalidad	Total de Pozos	Año		DIF. NEA(m)	Localización
		1972	2004		
Descarga	3	7,09	4,80	2,29	El Pitalito, Ingenio Amalia,
		1974	2004		Hda. Las Mercedes, La Vaca, Hda. Las Mercedes
Recarga	5	8,81	7,48	1,33	Rio Chiquito Hda. Las Mercedes, Ingenio Amalia
Descarga	1	6,46	5,00	1,46	La punta Hda. Las Mercedes, Hda. Santa Ana
		1975	2004		
Recarga	2	9,44	6,15	3,29	Hda. Cabosa, Valle Menier El Nacascolo
Descarga	3	4,66	9,00	-4,34	Hda. San José Km 69 carret. Riv
					Hda. el Paraíso Km. 67.5 c. Rivas, Ingenio Amalia
		1976	2004		
Recarga	5	21,55	17,34	4,21	
Descarga	2	3,5	6,25	-2,75	Hda. San Felipe, Los Porvenires
					Ingenio Amalia(el dorado), Hda. Valle Menier
		1977	2004		
Recarga	4	10,53	9,05	1,48	Hda. San Felipe
Descarga	2	5,26	6,85	-1,59	Buenavista del pital, Valle Menier El Rincón
					Ingenio Amalia, Valle de bolsa,
		1981	2004		
Recarga	3	11,06	9,37	1,69	Ingenio Javier Guerra, Nandaime (El arenal)
		1982	2004		
Recarga	1	1,52	3,00	-1,48	Ingenio Amalia
		1984	2004		
Recarga	2	49,05	50,75	-1,70	José Benito Escobar (coyolar), La Barranca
		1991	2004		
Recarga	6	70,62	67,77	2,85	Km. 61 Jinotepe - Nandaime ENABAS
					Rancho Amalia, sector 4 Esquina, Jesús María
					Brechas # 1, Fca. Colinas verdes, El Picacho

Fuente: Elaboración del autor con datos de INETER

Lo que comprueba la explotación del agua subterránea de forma localizada o puntual.

En los años 82,84 existe un descenso de nivel en la zona de recarga al compararlo con el 2004, esto puede suponerse sea efectos de la degradación de los suelos, que no permiten un mayor acceso a la infiltración por precipitación y a la vez posiblemente influencia de fenómenos climatológicos.

Para 1991 al 2004 existe un ascenso en la zona de recarga de 2.85 mts, esto posiblemente sea deba a los efectos pluviométricos hay que recordar que los años 2001-02. 02-03 han sido años húmedos, relacionados con el fenómeno La Niña.

4.5.5.3 Piezometría del acuífero.

La Piezometría del 2004, refleja el flujo drenado del acuífero en época seca del año hidrológico 203-2004, el cual tiene dos direcciones de escurrimiento subterráneo. Hay ocurrencia de agua en dirección noroeste suroeste de los sectores conocidos como río Chiquito, la Suiza, el Congo; asimismo el otro es conocido en el área de la Brecha, la orilla, el Manchón, río el Pital, hacia el lago de Nicaragua. A lo largo del acuífero de oeste a este, hay diferencias de movimiento subterráneo, es mas rápida la velocidad del flujo en la zona alta este se comporta de forma natural de acuerdo a la topografía de la zona. **(Mapa N° 7)**

En la zona intermedia y baja del acuífero no existen conos de abatimiento que indiquen una explotación extensiva se considera que el acuífero esta en recuperación, esto se demuestra con el ascenso que ha tenido el acuífero en este ultimo año.

En el mapa hidrogeología de Nandaime, arealmente se representa la Piezometría. Se comporta en la zona alta de 160msnm a 280msnm entre el sector conocido como San Caralampio, los Jirones hasta La Paz de Carazo, El Rosario, Santa Teresa, en la zona media varia de 80 a 160 msnm, así mismo en la zona baja de 40 a 80 msnm en los sectores conocidos como el Iguanero, Las Enramadas, el Toco, Rodeo Grande, San Roque.

4.5.5.4 Dirección de Flujo

Considerando las condiciones locales del área de estudio, el flujo de agua se mueve en dirección noroeste y este hacia el sureste y oeste en el río Ochomogo, y lago Cocibolca.

Aparentemente no existe afectación de la dirección del flujo, por inducción de bombeo intensivo o extensivo, que produzcan cambios de dirección de la condición natural que presentan **(Mapa N° 7)**

4.5.5.5 Zonalidad hidrodinámica de las zonas de recarga y descarga.

Dentro del área de estudio, el acuífero es recargado principalmente por la infiltración directa de la precipitación, esta es condicionada por los tipos de suelos y caída de lluvia, que se distribuyen heterogéneamente. Las zonas con mayor recarga corresponden a las áreas donde se localizan los suelos Mollisoles e Inceptisoles. Así mismo es recargado por el retorno de riego en áreas de regadíos ubicados en la zona de descarga finca Rodeo, Grande, San albino, Santa Ana etc.

La localización de la recarga regional proviene de la zona noroeste (Santa Teresa, el Rosario) y noreste (Volcán Mombacho) que representan las mayores elevaciones de la cuenca subterránea, con 500msnm y 1200msnm respectivamente.

La descarga es evidente en el área media del acuífero, donde se corta la dirección del flujo en la intersección de los ríos Chiquito, La Suiza, Las Mercedes, que descargan al río Ochomogo. Todo este análisis confirma que el acuífero alimenta a los mismos, probablemente el flujo de agua que mantienen en época seca, proviene del acuífero de Nandaime. Así mismo existe descarga del acuífero directamente al lago Cocibolca **(Mapa N°7)**.

5. BALANCE HIDRICO SUBTERRANEO.

5.1 Introducción

Una evaluación del equilibrio hidráulico y dinámico de los acuíferos esta dado por los términos que influyen en la cuantificación de las aguas subterráneas del área en estudio.

La caracterización hidrogeológica del agua subterránea permite establecer la cuantificación de los potenciales hidráulicos para definir políticas de explotación racional, conservación y protección para no afectar los acuíferos en una sobre explotación.

El propósito de este acápite es establecer un balance cuantitativo del acuífero, para el aprovechamiento sostenible del agua subterránea, en los diferentes rubros del desarrollo económico del municipio.

El balance hídrico subterráneo de un acuífero es la suma algebraica de todas las entradas y salidas de agua. Que debe ser igual al almacenamiento de agua almacenada. Tal relación se representa con la ecuación siguiente:

Ecuación del Balance

$$(R + Q_c + R_r) - (B + Q_r + Q_p + E_{sub} + E_t + Q_a) - S = 0$$

1- Recarga

a) (R) Infiltración directa de la precipitación a través del terreno

Se obtuvieron valores de coeficientes de infiltración de 101 a 298 mm/d, cabe señalar que la infiltración esta en dependencia de la variabilidad del terreno en cuanto al uso.

Se utilizaron tres estaciones climatológicas para el año hidrológico 2003- 2004, que comprende de mayo a abril esto de acuerdo a las épocas climatológicas en el área (estación lluviosa, seca) de igual forma para el periodo 1990-2004. (Cuadro N° 10, 11, 12,13)

Así mismo se utilizaron datos de evapotranspiración potencial para ese mismo año y periodo. Considerando que este año hidrológico ha sido favorable para el acuífero según datos estadísticos de INETER

PRECIPITACION MENSUAL(mm) EN EL ACUIFERO DE NANDAIME (2003-2004)

Cuadro N°10

ESTACIONES	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SEP.	OCT.	NOV.	DIC.	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	Total
NANDAIME	250	510	259	118	165	269	74	5	4	1	1	4	1659
SANTA TERESA	189	483	299	214	320	382	124	23	12	9	25	22	2103
MASATEPE	169	397	236	123	181	240	106	17	10	2	16	6	1503

EVAPOTRANSPIRACION EN (mm) DE LAS ESTACIONES NANDAIME- MASATEPE (2003-2004)

Cuadro N°11

ESTACIONES	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SEP.	OCT.	NOV.	DIC.	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	Total
NANDAIME	174	139	148	152	144	135	126	134	139	144	180	182	1798
MASATEPE	155	127	128	137	129	122	114	117	119	123	153	163	1588

PRECIPITACION MENSUAL(mm) EN EL ACUIFERO DE NANDAIME (1990-2004)

Cuadro N°12

ESTACIONES	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SEP.	OCT.	NOV.	DIC.	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	Total
NANDAIME	249	224	149	163	269	277	85	8	6	2	9	15	1458
SANTA TERESA	224	323	229	281	438	418	101	32	17	14	17	38	2132
MASATEPE	205	239	155	154	250	263	78	15	14	4	9	20	1406

EVAPOTRANSPIRACION EN (mm) DE LAS ESTACIONES NANDAIME - MASATEPE(1990-2004)

Cuadro N°13

ESTACIONES	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SEP.	OCT.	NOV.	DIC.	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	Total
NANDAIME	172	148	150	151	135	131	125	129	135	139	174	179	1766
MASATEPE	151	127	127	130	121	118	109	110	116	120	152	158	1538

Dado que no se realizaron análisis de las propiedades físicas de suelos como, densidad aparente, punto de marchites, capacidad de campo. Estas fueron asumidas de acuerdo al tipo de suelo y vegetación existente en el área (Cuadro N° 14). Estas pueden cambiar de acuerdo a la estabilidad y protección de los suelos.

Cuadro N° 14

Propiedades físicas de los suelos

Textura del suelo	CC(%)	CM(%)	DS. (gr/cm ³)	Prof. de las raíces
Mollisoles(Franco)	20	12	1.35	750
Vertisol(arcillosos)	35	19	1.25	400
Alfisol (arcillosos)	35	19	1.25	400
Inceptisol (franco)	22	12	1.35	490 a 500
Entisol (Franco arcillosos)	27	15	1.35	300 a 400

Todos estos parámetros han sido utilizado para el calculo de la recarga potencial del acuífero, se utilizó el método del balance hídrico de suelos de Schosinsky G. y Losilla M. 1999. Los resultados se contienen en (Tabla N°4,4.1, 4.2, 4.3, 4.4, 4.5, 4.6).

El valor de la recarga por infiltración directa a través del terreno es de 153.40 mmca en toda el área para el año 2003- 2004, con una distribución de acuerdo al tipo de suelos esta se representa en el cuadro siguiente

Cuadro N° 15 Valores de recarga de acuerdo al tipo de suelos

Tipos de suelos	Área(km ²)	fc (mm/d)	Recarga(mmca)
Mollisoles	216,5	298	91
Vertisoles	110,1	110	17,6
Alfisoles	95,3	105	14,3
Inceptisoles	64,7	280	28,9
Inceptisoles	2,7	150	0,2
Entisoles	14,7	101	1,2
Entisoles	2,6	101	0,2
Total	507	1145	153,4

fc : coeficiente de infiltración

Sin embargo Para el periodo 1990-2004 se considera que existe una recarga potencial en el acuífero de 137 mmca (**Tabla Nº 5**), dato comparativo con el año 2003-2004, de esta forma se puede observa el comportamiento de las entradas al acuífero. Lo que indica una diferencia de 16.4 mmca, con respecto al dato actual.

b) Qc: infiltración de las aguas de corrientes superficiales o recarga artificial

La consideración de aporte de recarga de los acuíferos a través de corrientes superficiales, que drenan hacia el lago de Nicaragua, se han evaluado con los parámetros hidráulicos y topografía del terreno. Para determinar la relación agua superficial-subterránea con la información disponible y método de infiltración instantánea realizado por (Caballero. 2004), se logró determinar que los ríos son efluentes del agua subterránea. Por lo tanto este valor es cero.

c) Qe: Entrada subterránea por otros acuíferos

Desde el punto de vista hidráulico los acuíferos para este término se cuantifican cuando hay interferencias o aportes de acuíferos cercanos, que por dinámica o fracturamiento, llegan flujos subterráneos a la cuenca. En este caso se han valorado estos criterios hidrogeológicos de forma cualitativa, en consecuencia se ha determinado que no existen aportes al acuífero. Por lo tanto este valor es despreciable cero.

d) Rr: Retorno por riego

De acuerdo a la extracción realizada en inventario de campo se logro cuantificar el volumen por riego. La estimación de la recarga por retorno de riego, se realizo de acuerdo al tipo de suelo en el área y su capacidad de infiltración una vez saturado, en el caso del cultivo del arroz.

Dado que el sistema de riego del arroz es de inundación, y que los suelos de capa superior son arcillo limosos. Se asume una recarga de retorno correspondiente al 15% del volumen de agua extraída. Por lo tanto el retorno de riego en el área es de 2.10 mmca

2- Descarga

La descarga total del área de estudio es la suma de la escorrentía subterránea saliente del área, bajo un gradiente natural, hacia el lago de Nicaragua, escurrimiento base de los ríos y cauces superficiales, extracción de agua mediante pozos.

Egresos en el sistema

a) B: extracción por bombeo

El aprovechamiento de los acuíferos en el área de estudio se da principalmente por la extracción de agua subterránea a través de pozos perforados para los distintos usos, consumo potable, riego e industrial. Esta extracción asciende a 18.28 mmca, distribuidos estos en la zona de descarga del acuífero, uso potable y domestico en zona rural y urbana y en el matadero San Martín de Nandaime.

b) Qr: Salida de aguas subterráneas a través de ríos

Con la realización de campañas de aforo en la estación seca y lluviosa (Caballero 2004), fue posible obtener el caudal base de los ríos principales Ochomogo con un caudal promedio de $0.416\text{m}^3/\text{s}$.

Hidrogeológicamente estas magnitudes obtenidas refieren, al caudal base saliente del acuífero por condiciones de no aprovechamiento y estando en estado de equilibrio. Se cuantifico un total de egresos por aguas superficiales de 13.12 mmca.

c) Qp: Percolación profunda

El término de la precolación profunda como descarga de los acuíferos es considerado aquel flujo que por efecto de gravedad desciende hacia las capas más profundas que son menos permeables o impermeables. Sin embargo no se tiene precisión del dato obtenido porque es necesario conocer la transición entre las capas. Por tanto por estudios análogos a este se considera una perdida del

5% de la infiltración. Debido al tipo de roca impermeable de las formaciones Brito y Rivas localizadas en la zona suroeste y este del área de estudio.

d) Esub: Escorrentía subterránea (Q)

El agua escurre con dirección sur y sureste, aproximadamente desde las zonas altas de la Meseta de los Pueblos y el Volcán Mombacho, para la evaluación de este parámetro se efectuaron dos secciones A-B, B-C (**Mapa N°7**). Estas se construyeron con la piezometría del 2004 e información de características hidráulicas como transmisividades aplicando la ley de Darcy,

Según la formula siguiente.

$$Q = T * L * i.$$

Donde:

Q: Escorrentía subterránea saliente (ABC)

T: Trasmisividad (m^2/d)

L: Ancho de la sección a través de la cual sale el agua subterránea del área de balance (m).

I: Gradiente hidráulico medio en la sección

t : periodo del balance (365 días)

Cálculos del escurrimiento subterráneo según ley de Darcy

$$1) E_{sub} = 840(m^2/d) 0.0073 * 4.71(km) * 1000 (m) * 365(d) = 10,541.828/10^6$$

$$E_{sub} = 10.54 \text{ mmca}$$

$$2) E_{sub} = 864(m^2/d) 0.0065 * 5.90(km) * 1000 (m) * 365(d) = 12,094,056/10^6$$

$$E_{sub} = 12.09 \text{ mmca}$$

En resumen la escorrentía total se presenta en el siguiente cuadro.

CAUDAL SUBTERRANEO

Cuadro N°16

SECCIONES	T(m ² /d)	i	L (Km)	Qsub(mmca)	LOCALIZACION
A-B	840	0,0073	4,71	10,54	Sureste de Nandaime
B-C	864	0,0065	5,90	12,09	
Total				22,64	

e) Qa: Salida a otros acuíferos

El estudio de la cuenca hidrogeológica se ha considera cerrada desde es el punto de vista hidrográfica e hidráulica, este termino de egresos para efectos del balance es cero.

f) Et: Pérdidas de agua por evapotranspiración

Este valor es aplicable cuando el agua se encuentra a 2 metros o menor de la superficie y existe vegetación cuyas raíces alcanzan penetración del depósito de agua subterránea. Sin embargo en la zona de estudio se localizan casos puntuales de niveles de agua de 1.5 a 2 metros donde las profundidades de las raíces no alcanzan el agua (Ingenio Javier Guerra), por lo tanto este valor es despreciable cero.

(S): Variación del almacenamiento

El objeto del balance subterráneo consiste en la cuantificación de las reservas o déficit de agua en una determinada cuenca para fines de estimar un equilibrio de los ingresos y egresos, cuando se consideran parámetros ideales. No obstante la variación del almacenamiento es excedente cuando los ingresos superan los egresos, de lo contrario se produce un déficit potencial del acuífero.

Ingresos

$$R_p = 153.40 \text{ mmca}$$

$$R_r = 2.10 \text{ mmca}$$

$$Q_c = 0$$

$$Q_e = 0$$

Egresos

$$B = 18.28 \text{ mmca}$$

$$Q_r = 13.12 \text{ mmca}$$

$$E_{\text{sub}} = 22.64 \text{ mmca}$$

$$Q_a = 0$$

$$ET = 0$$

$$Q_p = 7.67 \text{ mmca}$$

Sustituyendo valores en la ecuación

$$(153.40 + 2.10) - (18.28 + 13.12 + 7.67 + 22.64) =$$

$$(155.50) - (61.71) = \mathbf{93.79 \text{ mmca}}$$

$$\mathbf{S = 93.79 \text{ mmca}}$$

Excedente disponible total

6.- RENDIMIENTO SEGURO Y APROVECHAMIENTO SOSTENIBLE

La recarga total anual recibida por el acuífero es variable en el tiempo y la variación de cualquier cambio presentado por las condiciones específicas existentes o supuestas, utilizadas en su determinación; por ejemplo la precipitación total en la subcuenca, las propiedades de los suelos, grado y forma de aprovechamiento del agua subterránea.

La planificación, ordenamiento y manejo del acuífero en el área es motivo de análisis de muchos factores, económicos, protección, conservación y racionalidad en las diferentes zonas; donde existan las posibilidades de proyectos agrícolas, pecuarios e industriales, con el propósito de establecer un rendimiento sostenible de los recursos hídricos.

Se considera rendimiento sostenible de las aguas subterráneas, a las condiciones hidrodinámicas e hidráulicas que no sean alteradas, estando bajo un régimen natural y equilibrado de los acuíferos.

Con los trabajos realizados en campo puede asegurarse que el acuífero no está siendo explotado ordenadamente, ya que existen actualmente regadíos localizados en la zona sureste, noreste. Esto podría contribuir a contaminación a través de fertilizantes y descenso de niveles formando conos de abatimiento zonificados, en las zonas Noroeste y suroeste no existe explotación alguna.

Para la conservación y protección de las aguas subterráneas, considerando que existen las posibilidades de proyectos de riego en la zona, son convenientes las condiciones de explotación extensivas, lo que significa hacer uso racional y distribuido en toda la cuenca.

6.1 Evaluación del almacenamiento y proyecciones futuras

Haciendo una proyección de demanda futura del uso y consumo de las aguas subterráneas, el acuífero puede explotarse bajo principios de conservación y protección considerando el 60 % del excedente o disponibilidad global obtenida del balance de 93.79 mmca. Es decir que corresponde a un volumen almacenado anual de 56.27 mmca.

Cuadro N° 17 Volúmenes de agua subterránea

Volumen disponible (mmca)	Volumen extraíble (mmca)
93.79	56.27

De acuerdo a estudios hidrogeológicos el valor de 60% es considerado como conservativo bajo los conceptos de sostenibilidad de los acuíferos. No obstante se puede manejar una planificación y explotación conforme la configuración del desarrollo agrícola y el régimen hidrogeológico que satisfaga la conservación y protección.

De acuerdo a proyecciones futuras en consultas a algunos productores de la zona se estima que para el año 2009 el aumento de desarrollo se de en un 35% del actual, por lo tanto la extracción por riego aumentaría a 18.6 mmca, este valor seria mucho mas aprovechado si se aplica tecnología agrícola apropiada, ejemplo de ello, aplicar sistemas de riego por goteo, o por aspersión de acuerdo al tipo de cultivo; así mismo aplicar la carta tecnológica para cada cultivo de acuerdo a la lámina de riego utilizada.

La población actual es de 62,149 habitantes, de acuerdo a tasa de crecimiento en el municipio de Santa Teresa y Nandaime (1.990 y 2.70 % INEC). Se realizó una estimación de la población al año 2009, con 70,190 habitantes.

Considerando la dotación que actualmente proporciona ENACAL de 3.5m³/mes/hab. el consumo potable y doméstico ascendería a 2.95 mmca, con aumento al dato actual de 0.67 mmca.

De acuerdo al dato de industria se calcula que se este se aumente en 75% al dato actual.

Con el análisis de estos datos se pueden realizar proyectos de abastecimiento de agua, aumentar la producción agrícola en un 35% e industria en un 75% del dato actual, sin perjudicar el volumen disponible.

Cuadro N° 18 Uso actual y proyecciones futuras conforme estadísticas

USO	Población (Hab.)	Potable (mmca)	Agrícola (mmca)	Industrial (mmca)
Actual(2004)	62149	2.28	14	2
Proyecciones 2009	70,190	2.95	18.6	3.5
Aumento (%) 2009	12.9	29	35	75

7.- LÍNEAS ESTRATÉGICAS DE ACCIÓN, PARA ELABORAR A CORTO, MEDIANO Y LARGO PLAZO, EL PLAN DE GESTIÓN INTEGRAL DE LA CUENCA HIDROLÓGICA SUBTERRÁNEA

Desde los años 50 la principal actividad económica de la zona ha sido la agricultura y la actividad forestal. Con la tecnificación del cultivo de caña de azúcar con el uso de sistemas de riego y la ampliación de la capacidad productiva del Ingenio Javier Guerra. La agricultura disminuyó a finales de los años 90 con el cese de operación del ingenio y sus actividades conexas, lo que originó un cambio en el uso del suelo y el tipo de cultivo.

El cambio de uso de los suelos, de forestales a agrícolas, ha provocado la tala de bosques para la obtención de terrenos de cultivos, ocasionando erosión de los suelos y pérdida en la fertilidad de los mismos por ende su capacidad de infiltración.

Toda esta problemática es debido al manejo inapropiado de los recursos naturales en los municipios de Nandaime, Santa Teresa, de la región sur oeste de Nicaragua, lo que ha generado serios problemas ambientales y sociales que ponen en riesgo la posibilidad de alcanzar un desarrollo sostenible en la región.

El potencial uso futuro del acuífero es un factor predominante y decisivo en el desarrollo, en la zona de estudio el 85% de la economía depende del agua subterránea y el otro 15% de las aguas superficiales que a la vez dependen del agua subterránea; de acuerdo a resultados del estudio.

Por otra parte, el uso y aprovechamiento sustentable del agua depende de las prácticas de manejo, y de múltiples factores entre los que destacan: la educación o cultura de la sociedad con relación al agua; las formas de organización, características y la eficiencia de las instituciones que atienden los recursos hídricos.

Así como las características, modalidades y alcances de las políticas públicas relacionadas con el agua; la participación ordenada y organizada de los usuarios y de la sociedad en su cuidado y preservación. Al igual, los sistemas de información, administración y planificación; puestos en práctica para ordenar los usos; los recursos financieros que se destinan para el aprovechamiento y manejo y la calidad de los recursos humanos participantes.

Los principales usuarios son los agricultores, claves en la toma de decisiones sobre el manejo de suelos y agua, los que deben incorporarse a la gestión sostenible del recurso.

Para realizar un plan de gestión integral de la cuenca hidrológica subterránea, se tomaran en cuenta los usos del recurso agua, en las diferentes etapas de desarrollo de los municipios.

7.1 Políticas de desarrollo de abastecimiento de agua potable

En el área de estudio es necesario conocer las fuentes de contaminación y la calidad de las aguas, la carencia de información relacionada a la calidad del recurso hídrico subterráneo, imposibilita la toma de decisiones para establecer las zonas más seguras en cuanto a calidad se refiere, es necesario entonces incluir el componente de calidad en la estructura del plan de gestión.

Se propone una evaluación de las variables físicas y químicas, microbiológicas y contaminantes orgánicos persistentes altamente tóxicos (plaguicidas y agroquímicos en general), que brindaran información segura y confiable de la calidad del agua subterránea. Deben realizarse monitoreos periódicos del agua de los pozos, por parte de las instituciones responsables, con el propósito de conocer el estado de la calidad del acuífero y de acuerdo a los resultados elaborar el plan de mitigación.

Para obtener la calidad del agua en los pozos es necesario establecer áreas de protección absoluta con un radio aproximado de 25 m, que deberán estar cercadas y no se permitirá dentro de ellas ninguna actividad ajena a la operación y

mantenimiento de los pozos. Esta área deberá incluir un lindero de concreto tal, que evite la entrada del escurrimiento superficial que pudiera contener algún contaminante por efecto del arrastre de sedimentos.

La red de abastecimiento de agua potable de la zona atiende aproximadamente el 45% de la población, el resto se abastece de pozos comunitarios excavados y perforados, donde no existe un control sanitario por parte de las diferentes instituciones encargadas del agua.

En la zona urbana hasta el momento no se conoce de ninguna institución del estado que realice gestiones para completar el otro 55% de la población que no tiene acceso al agua potable.

Los diferentes organismos como GTZ, Visión Mundial y gobiernos municipales, están impulsando proyectos en el área de perforación de pozos sobre todo en la zona rural donde la población consume agua sin ningún control, así mismo, están presentando proyectos sobre la gestión integral de los recursos hídricos.

Una de las afectaciones de acuerdo a la mala protección del agua, es la construcción de letrinas cerca de los pozos de abastecimiento rural, así mismo el descenso en pozos excavados que están cerca de perforados.

La ubicación de nuevos campos de pozos de agua potable para los poblados del área de estudio, debe procurarse perforar en áreas aguas arriba de los poblados y de las áreas de riego con agricultura intensiva.

Dentro de las propuestas para la planificación del agua subterránea es de prioridad realizar estudios relacionados a la calidad del agua en diferentes sitios de muestreo para gestionar proyectos de abastecimiento a toda la población urbana y rural.

7.2 Enfoque para el desarrollo agropecuario

El área de estudio, está propuesto dentro del Plan Nacional de Desarrollo Agrícola, por tener un acuífero con buenas características hidrogeológicas para el aprovechamiento del agua en riego.

Sin embargo en la zona de descarga se localiza el cultivo del arroz a través de sistemas de inundación, para esta actividad no se ha valorado la extracción de agua de acuerdo a las necesidades del cultivo. Otro factor es que las aguas que retornan al acuífero podrían estar contaminadas y este a la vez al Lago de Nicaragua.

Por lo tanto es importante establecer un marco jurídico que se basará en la elaboración y promoción de leyes que definan las reglas que regirán el uso, desarrollo y conservación del recurso. Las instituciones designadas tendrán que definir las regulaciones, normas y ordenanzas para el uso del agua en el riego, estableciendo preferencia a la de consumo humano.

Si se contempla la posibilidad de explotar eficientemente el recurso suelo- agua es fundamental mejorar el uso de la tierra a través de prácticas que aumenten la cobertura vegetal del suelo (una cobertura del 40 - 50% de la superficie puede reducir los efectos de la salpicadura de lluvia en un 90%) y mejorar la infiltración del agua. Esto a través de actividades tales como:

Incentivar las prácticas de conservación de agua y suelos, que son de bajo costo y que pueden mejorar la productividad de la tierra, así como otras acciones que son necesarias implementarlas en el territorio, como son:

- Mejoramiento del uso de la tierra para el aumento de la productividad agrícola
- Rehabilitación de la cobertura vegetal a través de la regeneración natural
- Aumento de la infiltración de agua (barreras muertas, barreras vivas, acequias)
- Control de la erosión hídrica, introduciendo y manteniendo la cobertura vegetal (bosques de producción, conservación y galería)
- Control de la escorrentía y reducción de la pendiente

- Control de tala y quema del recurso forestal, evitando los cambios de uso de los suelos
- Impulsar los sistemas silvopastoriles, agrosilvopastoriles y agroforestales
- Fomentar la producción limpia, utilizando cultivos orgánicos, promoviendo el control biológico y la fertilización del suelo con productos orgánicos.

Además de incluir la introducción de prácticas sencillas, es importante tomar en cuenta las condiciones socioeconómicas, donde se incluya mejoramiento de la capacidad de manejo agro conservacionista del agricultor mediante un plan de capacitación, entrenamiento y asistencia técnica efectiva, de ofrecer al agricultor un sistema productivo sostenido que mejore su calidad de vida. Esto a través de instituciones como el MAGFOR, INTA, ONG y Alcaldías.

Así mismo Implementar con los agricultores nuevas alternativas productivas, como la introducción de cultivos no tradicionales como frutales, en combinación con hortalizas, realizando las labores agrícolas del terreno perpendicular a las líneas de drenaje del agua.

De igual forma en la zona existen algunas áreas de vocación ganadera por lo tanto debe analizarse la posibilidad de establecer ganadería semi intensiva.

Se deben construir pequeñas represas en los ríos, de la parte alta o media de las subcuencas del área, o embalses en hoyas topográficas naturales, o artificiales, estos podrían aumentar la recarga a los acuíferos, al retener la escorrentía superficial que en ocasiones escurre por los ríos de la zona, así como aumentar la carga hidráulica sobre el lecho de esos ríos.

Sin embargo, esto debe estudiarse en los diferentes casos, considerando la cantidad y frecuencia de escorrentía superficial a retener, la capacidad de infiltración del lecho del río, comunicación hidráulica del río con el acuífero, condiciones topográficas y geotécnicas para represamiento; así como el arrastre de sedimentos, basura y contaminantes de la escorrentía superficial, para conocer su velocidad de asolvamiento, y costos de mantenimiento.

La práctica de recarga artificial por embalses, o represamientos, debe considerarse como parte de un manejo integral en la subcuenca, ya que debe reducirse el arrastre de sedimentos y turbidez del agua para evitar el asolvamiento y colmatación de los sedimentos en el fondo de los embalses, que reducirían su capacidad de infiltración. Asimismo, deben monitorearse y controlarse posibles vectores de plagas, o epidemias, como crecimiento de mosquitos en las aguas embalsadas. También debe estudiarse el riesgo a la vida humana y la vulnerabilidad de infraestructuras aguas abajo, en caso que la represa ceda ante eventos de alta escorrentía, y el acarreo de sedimentos en temporales extremos.

Todas estas actividades enmarcadas en el desarrollo sostenible de los recursos hídricos.

7.3 Desarrollo agroindustrial

En el área de estudio las alternativas de empleo son pocos en cuanto a industria, actualmente la única empresa es el matadero San Martín, que utiliza las aguas para el lavado de cueros, destace de ganado bovino, las aguas residuales son utilizadas para riego de pastos. Una de las alternativas de empleo en el territorio es la apertura de una zona franca proceso que ya esta en marcha. Esta textilera perforo dos pozos a una distancia más o menos de 350 m. entre pozo, y pozo sin tomar en cuenta los pozos cercanos al área circundante.

Es necesario el control de los volúmenes de agua consumida por el matadero y la zona franca, implementando tecnologías más avanzadas que permitan un menor gasto de agua.

La distancia recomendada entre pozos debe ser de 500 metros, para evitar descenso en los pozos cercanos a la perforación.

7.4 Gestión Integral y aplicación de políticas en el agua subterránea

El acuífero de Nandaime esta compartido por los Municipios de Santa Teresa, Nandaime y Belén, esto requiere que las alcaldías participen en actividades

relacionadas a la gestión de los recursos naturales, la gobernabilidad sería un punto estratégico a desarrollar en la zona.

Actualmente organismos junto con algunas alcaldías están llevando a cabo proyectos que ayuden a la gestión del recurso, uno de estos proyectos es el Plan de Ordenamiento Territorial de los Municipios de Santa Teresa y Nandaime.

Las Municipalidades en conjunto con instituciones gubernamentales y ONG, deben unificar esfuerzos en la elaboración del Plan de gestión y desarrollo integral de los recursos hídricos contenidos en el área.

Los gobiernos locales a través de ordenanzas municipales (leyes locales) tienen que establecer los controles necesarios para proteger las fuentes de agua, así como también la sostenibilidad del recurso a largo plazo. La estructura del plan contempla la inclusión de las disposiciones legales para la ordenación de los recursos contenidos en el entorno, así pues se establece con el plan el ordenamiento territorial, tomando en cuenta todos los recursos contenidos en la cuenca y sus interacciones (agua-suelos-bosques, biodiversidad).

La lógica de este trabajo de investigación académica es proporcionar algunos instrumentos de acción, estableciendo así las pautas para elaborar a mediano plazo el plan de gestión integral en la cuenca hidrológica subterránea, que la estructura del plan contempla la puesta en marcha de programas de desarrollo integral, que promuevan la sustentabilidad de los recursos. A continuación se detalla en el cuadro siguiente algunas líneas estratégicas que contemplan acciones a corto, mediano y largo plazo, tomadas en cuenta por los diferentes actores en la cuenca.

Cuadro Nº 19

Líneas Estratégicas de Acción

Líneas estratégicas	Acciones			Instituciones involucradas
	Corto	Mediano	Largo	
Políticas de desarrollo para el abastecimiento de agua potable	Calidad de las aguas subterráneas	Ampliación de la red de abastecimiento de agua		ENACAL, INAA, ONGS, ALCALDIAS, MINSA
	Mantenimiento y limpieza de pozos comunitarios	Establecimiento de áreas de protección para pozos excavados y/o comunitarios	Renovación de la red de abastecimiento, planta de tratamiento	
Enfoque agropecuario: producción más limpia, tecnificada y socialmente más amigable con el ambiente y los recursos naturales	Micro proyectos de riego para cultivos de hortalizas	Producción de granos básicos resistentes a las sequías	Rotación de cultivos	ALCALDIAS, MAGFOR, INTA, ONGS, PRODUCTORES,
	Producción más limpia, fomentando el control biológico de plagas	Fomento de la producción agroforestal, cultivos orgánicos, sistemas silvopastoriles, y agrosilvopastoriles	Alternativas de mitigación para disminuir erosión hídrica y aumento en la infiltración	
	Control de los caudales de extracción de agua subterránea, a través de ordenanzas municipales	Atención técnica a productores	Rehúso de agua	
Restauración forestal	Control de tala y quema de los recursos forestales, a través de ordenanzas municipales	Rehabilitación de los boques de producción y galería	Establecimiento de zonas de protección (áreas de recarga) con bosques de conservación	ALCALDIAS, MAGFOR, MARENA,
		Regeneración natural del bosque autóctono	Venta de servicios ambientales	
Desarrollo industrial	Implementación de sistemas para el tratamiento de residuales en la nueva zona franca y mantenimiento del matadero San Martín	Control de los caudales de extracción de agua subterránea	Rehúso del agua	ALCALDIAS, MINSA, MARENA, SECTOR INDUSTRIAL ,ONG

8. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

8.1 CONCLUSIONES

Al finalizar el presente trabajo, el autor expone las consideraciones que a juicio de los resultados ha tenido a la vista, producto de las investigaciones hidrogeológicas, son menester para manejarse como el ultimo trabajo en el acuífero de Nandaime. En desglose las conclusiones:

1. El 20% del área de estudio es regada con agua subterránea en cultivos de arroz, plátanos y caña de azúcar, de forma puntual en siete fincas de la zona de descarga del acuífero, con una extracción de agua de 14mmca. Los suelos vertisoles son aprovechados en mayor proporción. El otro 80% de la subcuenca esta siendo utilizada en cultivos de granos básicos, pastos, urbanización, vegetación arbustiva, tacotales y bosques.
2. La relación agua subterránea y agua superficial, se constituye por el principal río que atraviesa la zona de estudio que es el Ochomogo. Así como, la red hidrográfica existente en el área, los cuales son alimentados por el agua subterránea, esto es evidente en periodo seco ya que mantienen el caudal. Por tanto son efluentes desde la cota 160 msnm, que significa probablemente un desaprovechamiento y mal uso de los recursos hídricos que descargan al lago directamente.
3. Por su posición y características hidrogeológicas, los depósitos piroclásticos recientes y aluviones constituyen, junto con la formación Las Sierras las unidades geológicas más importantes. De acuerdo con la litoestratigrafía de los pozos, el acuífero se encuentra bajo condiciones libres en general. (Mapa Hidrogeológico). Considerando que es un buen acuífero desde el punto de vista hidrogeológico. De acuerdo a la profundidad del basamento en la zona intermedia y descarga los valores oscilan entre 140 a 29 msnm, indicando que existe una capa acuífera poco aprovechada ya que la mayoría de los pozos penetran parcialmente.

4. La profundidad del agua subterránea en los mantos acuíferos, en el área de estudio es variable en relación al espacio, desde los 1.50 m a 182 m en la zona de descarga y recarga, estas tienen un movimiento natural, actualmente. El flujo de agua se mueve en dirección noroeste y este, hacia el sureste y oeste en el río Ochomogo, y lago Cocibolca, respectivamente.
5. Aparentemente, no existe afectación de la dirección del flujo, por inducción de bombeo intensivo o extensivo, según la piezometría actual hay una condición natural del acuífero. El gradiente hidráulico varía de 0.007 a 0.0065, desde la parte alta a la baja, lo que indica un movimiento rápido en la zona alta y lento en la baja de acuerdo a la topografía del terreno.
6. Según resultados de pruebas de bombeo en archivos de INETER, el acuífero presenta buenas características hidráulicas que permiten un buen aprovechamiento. Los valores de transmisividad, caudales de producción, capacidad específica son relativos, en la zona media y baja se presentan los mayores valores de estos parámetros, sector donde se encuentra la mayor potencialidad del acuífero.
7. De los resultados se deriva que la extracción del agua subterránea efectuada durante el año en estudio fue de 18.28 mmca. El volumen disponible en el acuífero es 93.79 mmca. Con condiciones favorables para el acuífero aplicando uso extensivo y no intensivo. Esto esta acorde a la cuantificación de la recarga total del acuífero que es de 153.40 mmca.
8. El enfoque de sostenibilidad se sustenta a través de una reserva en el acuífero de 37.51 mmca, este será durante el periodo que no exceda el total disponible de 56.27. Esta magnitud representa una valoración cuantitativa y cualitativa del acuífero en base a un valor porcentual de 60 % del excedente disponible.

9. En relación al manejo de las aguas subterráneas, a la fecha no se conoce planes de acción para la explotación, actualmente solo existe un desorden de extracción de agua; ya que en los cultivos que utilizan el recurso hídrico para riego, se aplica el agua sin ningún control.

10. De los resultados obtenidos se puede sostener el criterio que los planes de manejo integral de las aguas subterráneas, solo serán efectivos cuando se aplican debidamente y tengan seguimiento, sobre todo en los planes de desarrollo agrícola y e industrial.

11. Finalmente se puede considerar que hidrogeológicamente no existe restricción importante que limite la disponibilidad y explotación extensiva pero si intensiva. Por lo tanto el aprovechamiento sostenible del acuífero esta en dependencia del manejo y uso adecuado de los recursos hídricos.

8.2 RECOMENDACIONES

La explotación racional del acuífero de Nandaime, deberá estar asociada con las actividades de investigación relacionadas al medio ambiente.

1. Para la vigilancia del rendimiento seguro del acuífero, deberán realizarse balances actualizados cada año, donde el volumen de agua subterránea extraído no exceda el rendimiento seguro proporcionado en este trabajo, de 56.27 mmca.
2. Para optimizar el uso de los recursos hídricos se recomienda una planificación con enfoque de manejo integrado del área de la cuenca, sobre todo en la agricultura. Así mismo evitar el riesgo de aumentos de conflictos.
3. Que las alcaldías municipales definan la planificación territorial del recurso hídrico, debido a la presión demográfica y a la urbanización desordenada. Actualmente hay una degradación en el área debido a los cambios en la zona alta ejemplo de ello urbanización en la zona de recarga (áreas de infiltración).
4. Establecer un programa de educación ambiental comunitario que involucre a las autoridades municipales, gubernamentales, ONGs, y usuarios, del área para un mejor cuidado del ecosistema.
5. Mejorar las zonas de recarga de los acuíferos a través de un ordenamiento y reforestación de las áreas afectadas, en las orillas y márgenes de los ríos, así como en la parte alta del área de estudio; para prevenir la erosión y sedimentación y aumentar la infiltración.
6. Para la conservación y protección del acuífero deben implementarse medidas de recuperación del recurso forestal y suelo, con técnicas apropiadas para la siembra de cultivos y sistemas de riego.
7. A fin de lograr una optima explotación de todas las posibilidades de producción del acuífero, se deben construir los pozos a lo largo de líneas perpendiculares

a la dirección del flujo subterráneo,. Para lograr la mínima interferencia, la separación entre pozos de producción no debe ser menor de 500mts.

8. Efectuar mediciones mensuales del nivel del agua en los pozos excavados y perforados a si mismo monitorear sistemáticamente los caudales de bombeo de cada uno de los pozos y/o extender la Red Hidrogeológica Nacional que tiene INETER, con el objetivo de cuantificar el volumen anual de extracciones.
9. Elaborar un modelo matemático del acuífero a fin de estimar con mayor seguridad las cifras del Rendimiento seguro y volumen de agua almacenada para proyecciones futuras así mismo realizar calidad de las aguas subterráneas.
10. Delimitar un área de protección de 25. m. de radio, la cual deberá estar cercada y no se permitirá dentro de ella ninguna actividad ni el acceso de animales, solamente trabajos para la operación y mantenimiento de los pozos. Esta deberá incluir un lindero de concreto para evitar la entrada de escurrimiento superficial.
- 11 Un área de protección controlada, de 120 m. de radio, donde no se practicará la agricultura con agroquímicos, ni otras actividades que generen contaminantes.

9. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

Aguilar M. y Amador R. 1998. *Actualizacion Hidrogeologica del Area Ingenio San Antonio.* Tesis para optar al titulo de Ingeniero Agrícola. Universidad Nacional de Ingenieria. Managua, Nicaragua.

Alcaldía Municipal de Nandaime. 2001. *Datos de Línea base*

Custodio E. y Llamas. M. 1996. *Hidrología subterránea.* Tomo I y II. Ediciones Omega, Barcelona. España

Edgar E. Jonson, Ing. *Hidráulica de Pozos.* Sain Paul, Minesota 55102

ENACAL, Regional Central, 1999-2000. *Informes internos de hidráulica de pozos.*

Fenzl N., 1985. *Clima, Geología e Hidrogeología de Nicaragua.*

Hodgson G., 1971. *Geología y anotaciones mineralógicas de la planicie sureste del lago de Nicaragua.* Catastro e inventario de Recursos Naturales.

GTZ – UNA 2002. *Estudios de suelos zona suroeste Nandaime*

INAA. 1998. *Revisión y actualización hidrogeológica del área Tonala-Ranchería- Villa 15 de Julio.*

INEC 1995. *Cenco Nacional*

INEC 2000. *Estimaciones y Proyecciones de la población total por año calendario según departamento y Municipio.*

INETER- MAGFOR. 2001. *Estudios hidrológicos e hidrogeológicos en la Región del Pacifico de Nicaragua. Región Chinandega- León- Nagarote.* Informe ejecutivo. Managua, nicaragua.

INETER–COSUDE. 2004. *Estudio de Mapificación Hidrogeológica e Hidrogeoquímica de la Región Central de Nicaragua.* Dirección General de Recursos Hídricos, Dirección de Hidrogeología.

N° TESIS	N° INET
1	2
2	3
3	4

INETER- 1990. *Unidad de Estudios Edafológicos.*

INETER. Programa., CEE-ALA-86/30. 1992. *Estudio de Reconocimiento Hidrogeológico de la Meseta de San Marcos -Carazo.* Managua, Nicaragua.

Krásny J. y Hetch G., 1989, INETER. *Estudio Hidrogeológico e Hidroquímico de la Región del Pacífico de Nicaragua.* Dirección de Recursos Hídricos, Dirección de Hidrogeología

Kuang J., 1971. *Estudio geológico del Pacífico de Nicaragua.* División de geología, Informe 3, Catastro e Inventario de Recursos Naturales. Managua, Nicaragua.

MAGFOR 2002. *Base Cartografía de Suelos.*

Lunas Antonio. 1991. *Estudio hidrogeológico del área de Santa Carlota (Chinandega) para el desarrollo y explotación de las aguas subterráneas con fines de irrigación.* Trabajo de diploma, Universidad Nacional de Ingeniería. Managua, Nicaragua

Piura L.P., 2000. *Introducción a la Metodología de la Investigación Científica.* Cuarta Edición. Managua, Publicación de la Escuela de Salud Pública de Nicaragua.

Sequeira E. A y Urbina A.G. 1997. *Potencialidad y calidad química de las aguas subterráneas de la cuenca León- La Paz de Centro- Nagarote para fines de riego.* Trabajo de diploma, Universidad Nacional de Ingeniería. Managua, Nicaragua.

Shosinsky G. Losilla M. 1999. *Modelo analítico para determinar la infiltración con Base en la lluvia mensual*” Revista geológica de América Central, 23: 43-55,2000.

Tahal Consulting Engineers Ltd. Tel Aviv 1977. *Proyecto de Desarrollo de Agricultura bajo riego Nandaime – Rivas, Estudio de Factibilidad.* Volumen uno, dos y tres (6 tomos).

ANEXOS



INSTITUTO NICARAGUENSE DE ESTUDIOS TERRITORIALES
INETER

ESTACION: NANDAIME (XAVIER GUERRA)
CODIGO: 069033
PARAMETRO: PRECIPITACION (mm)

LONGITUD: 86° 03 'W
ELEVACION: 95 msnm
TIPO: AG

Tabla N° 1

AÑO HIDROL.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SEP.	OCT.	NOV.	DIC.	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	TOTAL	IDP
1990-1991	179	125	167	36	164	331	124	19	3	1	0	0	1148	-21.2
91-92	303	192	99	40	143	140	68	3	1	0	0	0	989	-32.2
92-93	101	321	196	102	197	135	30	14	10	0	0	27	1132	-22.3
93-94	701	203	127	221	446	129	44	2	8	9	0	39	1929	32.3
94-95	157	257	37	52	303	268	122	7	0	2	81	66	1350	-7.4
95-96	120	184	334	461	294	334	49	37	15	1	4	0	1831	25.6
96-97	361	119	285	256	310	308	174	2	4	0	1	29	1850	26.9
97-98	15	300	51	74	204	212	142	0	0	0	0	1	998	-31.6
98-99	145	180	128	196	288	775	67	17	13	2	2	6	1819	24.8
99-00	189	169	162	299	400	236	107	3	20	1	1	0	1587	8.8
00-01	156	148	39	154	379	191	59	5	3	5	0	0	1139	-21.9
01-02	172	145	68	115	202	408	121	4	10	1	1	2	1248	-14.4
02-03	634	286	136	159	277	150	15	1	0	0	35	40	1733	18.9
03-04	250	510	259	118	165	269	74	5	4	1	1	4	1659	13.8
PROMEDIO	249	224	149	163	269	277	85	8	6	2	9	15	1458	

Fuente: INETER

**INSTITUTO NICARAGUENSE DE ESTUDIOS TERRITORIALES
INETER**

ESTACION: MASATEPE
CODIGO: 069049
PARAMETRO: PRECIPITACION (mm)

LATITUD: 11° 54' N
LONGITUD: 86° 08' W
ELEVACION: 450 msnm
TIPO: AG

Tabla N° 1,1

AÑO HIDROL.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SEP.	OCT.	NOV.	DIC.	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	TOTAL
1990-1991	217	141	210	72	121	313	23	21	13	3	0	3	1137
91-92	403	256	72	131	147	130	61	22	4	0	1	29	1256
92-93	125	325	146	67	171	173	29	12	34	0	0	26	1106
93-94	405	149	175	214	391	95	65	7	3	13	1	93	1612
94-95	170	156	99	60	152	165	119	17	0	3	37	74	1053
95-96	40	230	194	327	240	202	46	38	25	1	12	1	1354
96-97	179	270	315	320	228	366	114	4	25	6	8	26	1861
97-98	31	386	59	91	88	244	108	0	2	0	0	0	1008
98-99	117	70	105	161	444	920	93	22	16	12	6	17	1983
99-00	188	209	200	176	421	188	141	47	45	3	0	2	1620
00-01	67	200	91	97	351	187	67	2	7	9	0	0	1077
01-02	287	198	120	132	261	274	95	4	9	3	0	0	1386
02-03	470	356	148	186	305	187	24	2	1	2	39	6	1724
03-04	169	397	236	123	181	240	106	17	10	2	16	6	1503
PROMEDIO	205	239	155	154	250	263	78	15	14	4	9	20	1406

Fuente: INETER

INSTITUTO NICARAGUENSE DE ESTUDIOS TERRITORIALES
INETER

ESTACION: HACIENDA SANTA TERESA
CODIGO: 069052
PARAMETRO: PRECIPITACION (mm)

LATITUD: 11° 50' N
LONGITUD: 86° 56' W
ELEVACION: 630 msnm
TIPO: PV

Tabla N° 1,2

AÑO HIDROL.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SEP.	OCT.	NOV.	DIC.	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	TOTAL	IDP
1990-1991	234	286	198	300	314	349	99	37	26	8	2	4	1857	-12.9
91-92	336	297	211	324	387	328	115	38	0	26	0	0	2061	-3.3
92-93	24	400	376	134	231	251	41	86	0	0	0	32	1575	-26.1
93-94	537	328	194	316	582	279	46	0	43	35	0	87	2447	14.8
94-95	154	175	165	83	385	393	177	64	0	9	71	244	1918	-10.0
95-96	98	402	489	540	368	284	143	60	23	9	8	0	2425	13.7
96-97	233	219	351	418	382	323	92	37	42	14	16	20	2147	0.7
97-98	0	370	87	108	252	421	225	33	0	0	0	8	1503	-29.5
98-99	106	175	191	200	388	1019	162	54	52	29	21	34	2431	14.0
99-00	224	261	142	409	458	302	35	0	17	6	4	14	1872	-12.2
00-01	181	425	83	270	589	176	15	0	12	30	42	28	1849	-13.3
01-02	323	325	210	245	785	664	92	7	11	9	8	15	2694	26.4
02-03	490	383	219	372	695	682	42	9	2	7	46	21	2968	39.2
03-04	189	483	299	214	320	382	124	23	12	9	25	22	2103	-1.4
PROMEDIO	224	323	229	281	438	418	101	32	17	14	17	38	2132	

Fuente: INETER

**INSTITUTO NICARAGUENSE DE ESTUDIOS TERRITORIALES
INETER**

**EVAPOTRANSPIRACION POTENCIAL EN MILIMETROS DE NANDAIME
PERIODO 1990-2004**

Tabla N° 2

AÑO HIDROL	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	TOTAL	IDP
1990-1991	169	142	145	154	140	129	118	121	129	136	172	177	1732	-2.0
91-92	167	146	144	149	142	126	126	128	135	138	177	185	1765	-0.1
92-93	191	158	146	153	137	139	129	129	137	144	179	180	1822	3.2
93-94	157	141	146	143	126	134	122	127	131	134	171	170	1700	-3.7
94-95	168	145	154	154	134	137	123	127	133	139	163	163	1739	-1.6
95-96	159	140	141	139	128	122	124	122	130	136	169	181	1692	-4.2
96-97	157	145	146	144	133	128	121	126	127	135	171	177	1711	-3.1
97-98	186	142	165	165	147	136	123	132	139	138	177	185	1836	4.0
98-99	181	154	156	150	130	121	121	126	132	136	170	175	1752	-0.8
99-00	171	162	151	142	124	125	122	130	138	138	168	178	1748	-1.1
00-01	170	150	161	158	130	131	122	130	137	136	172	181	1779	0.7
01-02	178	152	153	152	135	134	137	133	139	140	181	185	1819	3.0
02-03	175	149	150	162	137	139	131	134	146	148	179	185	1835	3.9
03-04	174	139	148	152	144	135	126	134	139	144	180	182	1798	1.8
PROMEDIO	172	148	150	151	135	131	125	129	135	139	174	179	1766	

Fuente: INETER

INVENTARIO DE POZOS PERFORADOS EN EL ACUÍFERO DE NANDAIME, AÑO 2004

Tabla N° 3

N°	TESTIS	N°	INETER	TIPO	ESTE	NORTE	LOCALIZACION	PROPIETARIO	PROF(m)	NEA(m)	Mar	NEA(m)	Oct	NEA(m)	msnm	ESPESOR(m)	Q(m³/hr)	Q(m³/día)	T(m/día)	K(m/día)	PB	PL	OBSERVACION
1	2	PP	603010	1299550	Nandaimé		INAA		91.50	13.50		13.51	111.60		78.10	36.00		1118.00	14.00	si	si	Potable	
2	3	PP	602800	1297600	Nandaimé		Acolfo y Emilia Bernard		91.50	4.00		4.00	107.00		87.00	136.00		986.00	11.00	si	no	Sin uso	
3	4	PP	603400	1299250	El Paraíso		Orlando Rivers		91.50	14.00		13.98	116.00		78.00	314.00	29	2000.00		si	no	Sin uso	
4	5	PP	604500	1299200	La Concha		Alfonso Zavala		30.00						197.00		18	462.00		si	si	Inactivo, sellado	
5	7	PP	605450	1302050	Hda. San Felipe		Ronaldo Sánchez		46.00	18.60		18.90	124.20		27.20	273.00	28	2144.00		si	no	Riego	
6	8	PP	604587	1302245	Hda. San Felipe oeste		Ronaldo Sanchez		58.00	17.30		17.32	133.00		40.70	272.00	41	1628.00	40.00	no	si	Riego	
7	9	PP	604600	1302500	San Felipe		Ernesto Chamorro								284.00	46	1860.00		no	no	Inactivo, enllavado		
8	10	PP	607750	1303050	Los Ranchones		ENACAL		61.30	48.00		47.96	107.00		13.30	17.00	17	523.00	39.00	no	si	Potable	
9	12	PP	603609	1300764	Km. 60 carret. sur		Comunitario		28.00	21.50		21.47	120.50		6.50	13.00				si	si	Potable	
10	15	PP	602700	1307850	El coyolar				101.00	82.90		82.80	175.10		18.10	12.00				si	si	Doméstico	
11	17	PP	606458	1297986	Jesus Maria		Jose Rodriguez Blen											273.00		no	no	Riego, no se pudo medir el nivel sellado	
12	18	PP	601840	1297800	Las Mercedes		Alberto Macgregor		61.00	3.00		3.00	115.00		58.00	173.00				no	si	Inactivo	
13	19	PP	604600	1296100	El Paraíso		Orlando Rivers		61.00	11.00		11.00	97.00		50.00	173.00	28	1132.00	23.00	si	si	Sin uso	
14	20	PP	603950	1299250	El Paraíso		Orlando Rivers		46.00	6.10		6.10	113.90		39.90	341.00	16	620.00	16.00	no	si	Sin uso	
15	21	PP	607650	1296050	Hda. El Toco		Ernesto Lopez		61.00	6.00		6.00	83.00		55.00	272.00	14	552.00	10.00	no	no	Sin uso	
16	26	PP	603820	1300230	Matadero San Martín		Matadero		61.00	0.00		0.00	0.00		50.00	57.00				si	Industrial	No se pudo medir	
17	27	PP	603436	1299491	Nandaimé (Monseñor Velez)		INAA		97.50	13.30		13.30	111.70		84.20	114.00				si	si	Potable	
18	28	PP	608800	1295700	Hda. El Toco		Ernesto López		37.00								7	260.00		no	no	Riego, medido el Nivel dinámico 16.77	
19	29	PP	608550	1296500	Santa Rita Km 73		Alfonso Zavala		30.50						30.50					no	si	Aterrado	
20	30	PP	607400	1296700	El Pitalito		Mario Hanon			7.00		6.99	95.00							no	no	Sin uso	
21	31	PP	602250	1298750	Hda. Las Mercedes		Alberto Macgregor		91.40	6.00		5.89	126.00		85.40	250.00	7.5	640.00	8.00	si	si	Inactivo	
22	32	PP	601822	1298231	La Vacca, Hda. Las Mercedes		Alberto Mc gregor		98.00	7.00		6.92	138.00		91.00	250.00	12	747.00	5.00	si	si	Sin uso	
23	33	PP	601250	1298231	Rio Chiquito		Alberto Mc gregor		98.00	6.00		5.97	124.00		92.00	250.00	11	420.00	8.00	si	si	Sin uso, T=9/ 28	
24	34	PP	602150	1297948	El corral Hda. Las Mercedes		Alberto Mc gregor		110.00							299.00		16	644.00		no	no	Sin uso sellado
25	35	PP	602400	1296350	La punta Hda. Las Mercedes		Alberto Mc gregor		110.00	5.00		4.98	99.00		105.00	340.00	28	1116.00	11.00	no	no	Sin uso	
26	36	PP	602122	1298102	Ingenio Amalia		Ingenio		70.10							250.00	17	699.00		si	si	Sin uso, sellado.	
27	37	PP	602600	1298882	Ingenio Amalia		Ingenio			6.00		5.96	119.00							si	si	Riego, no se pudo medir ni tomar agua.	
28	38	PP	605250	1297500	Las Colinas		Ricardo Llanez		43.00							191.00	12	460.00		si	si	Riego, no se pudo medir el nda, bombean 8	
29	39	PP	604880	1300400	Km 66 carret. Sur		Silvio Rodríguez		48.80	7.30		7.25	126.70		41.40	100.00	9	784.00	19.00	si	si		
30	40	PP	606750	1302050	Hda. San Felipe		Ronaldo Sanchez		91.40	29.00		29.08	106.00							no	no	Sin uso	
31	41	PP	607100	1303060	Hda. San Felipe		Ronaldo Sanchez		91.40	25.30		25.28	122.70		66.10	250.00	13	368.00	6.00	si	si	Riego.	
32	42	PP	604500	1299650	Santa Maria, el Pital		Manuela Talavera de Han		45.70											no	no	Sellado	
33	43	PP	605400	1302700	San Felipe		Ronaldo Sanchez		63.30	22.90		22.89	127.00		62.40	256.00	19	748.00	12.00	no	no	Riego	
34	45	PP	604970	1303350	Hda. La 21		Alfonso Zavala		64.00							83.00	28	1251.00		si	si	Sin uso, sellado.	
35	46	PP	607000	1299600	Fca. San José del Pital		Alfonso Zavala		76.20											no	si	Sin uso, sellado	
36	47	PP	607410	1300160	San José		Guillermo Arguello									272.00	17	688.00		no	no	Sellado	
37	48	PP	607672	1299938	Hda. San José (Albino)		Horacio Cuadra Ch.		85.00							296.00	37	1723.00		si	si	Riego, extraen 160m³/hr, 16 horas de bombeo	
38	49	PP	608561	1299420	Hda. Cabosa		Horacio Cuadra Ch.		85.30	16.90		16.88	81.10		68.40	250.00	24	964.00	14.00	si	si	Riego, bomba en reparación.	
39	50	PP	608710	1299210	Hda. El Pital Km 39 carret. Ri		Alfonso Zavala		91.40											no	si	Sin uso, no se pudo medir el rea, sin tubo	
40	51	PP	606920	1299350	Hda. Santa Ana		Alfonso Zavala		73.00	12.40		12.37	96.60		60.60	270.00				si	si	Sin uso.	
41	52	PP	607000	1298700	Hda. San José Km 62 carret. Riv		Horacio Cuadra Ch.		85.30	8.00		7.95	95.00		77.30	250.00				no	si	Riego	
42	53	PP	608990	1298370	Hda. El Carmen		Mario Hanon (Ingenio)		91.40							158.00	14	1144.00		si	si	Riego, No se pudo medir, dueño no dio perm	
43	54	PP	608100	1298100	Buenavista del pital		Eduardo Hanon Talavera		45.70	10.70		10.68	83.30		35.10	176.00	28	1132.00	32.00	si	si	Riego	
44	55	PP	608006	1298400	Hda. El pital		Eduardo Hanon Talavera		61.00							176.00				no	si	Riego, no se pudo medir el nda, bombean 8h	
45	56	PP	607800	1298756	El Tesoro (Albino)		Alfonso Zavala		91.40							273.00				no	si	Riego, no se pudo medir el nda, bombean 8	
46	57	PP	604700	1298700	Hda. El Paraíso al sur de Nand		Dr. Orlando Rivers		54.90	10.70		10.70	98.30		44.20	181.00	12	460.00	10.00	no	si	Agrícola, 10' Efecto artesiano	
47	58	PP	602820	1297870	Ingenio Amalia		Alberto Mc gregor		85.30	5.40		5.38	105.60		79.90	131.00	22	860.00	11.00	no	si	Inactivo	
48	59	PP	600120	1298720	Hda. Las Mercedes El peludo		Alberto McGregor		85.30	5.00		4.97	135.00		80.30	340.00	15	612.00	8.00	no	no	Sin uso	
49	60	PP	599780	1297960	Valle Menier El Nacascolo		Alberto McGregor		97.50	6.30		6.29	133.70		91.20	250.00	12	464.00	5.00	no	no	Sin uso	
50	61	PP	599150	1297900	Valle de bolsa		Alberto McGregor		97.50	4.60		4.76	145.20		92.70	250.00	12	496.00	5.00	no	si	Sin uso, condiciones hidráulicas buenas.	
51	62	PP	598350	1298050	Valle Menier El Rincón		Alberto McGregor		85.30	7.20		7.17	143.00		78.10	204.00	16	437.00	6.00	si	si	Sin uso	
52	63	PP	604600	1298450	Hda. el Paraíso Km. 67.5 c. Ri		Orlando Rivers		36.60	2.10		2.09	100.90		34.40					no	si	Riego	
53	65	PP	603650	1297750	Los Porvenires		Alberto McGregor		106.70	6.00		5.96	103.00		100.70	159.00	3	128.00	1.00	si	si	Inactivo	
54	66	PP	599400	1297850	Ingenio Amalia (el dorado)		Alberto Mc gregor		106.70	3.50		3.49	146.00		103.20	250.00				no	no	Sin uso	
55	67	PP	604100	1297200	Los Porvenires		Ingenio Amalia		106.70	9.00		8.97	97.00		97.70	250.00	27	1096.00	11.00	si	si	Sin uso	
56	68	PP	601750	1296400	Hda. Valle Menier		Alberto McGregor		42.70	3.50		3.47	101.50		39.20	159.00	5.0			si	si	Inactivo	
57	69	PP	603950	1295800	Ingenio Amalia		Ingenio Javier Guerra		61.00	3.50		3.48	90.50		57.50					no	si	Inactivo	
58	70	PP	602780	1298060	Ingenio Amalia		Alberto McGregor		106.70	9.00		8.96	102.00		97.70	250.00				no	no	Inactivo	
59	71	PP	602400	1298300	Ingenio Amalia		Alberto McGregor		91.40	6.00		5.99	104.00		85.40	250.00				no	no	Inactivo	
60	72	PP	602400	1298280	Ingenio Amalia		Alberto McGregor			8.00		7.97	102.00			250.00				no	no	Inactivo	
61	73	PP	608058	1294450	Rodeo Grande		CAENSA (Holman)		61.00	10.00		9.91	71.00		51.00	250.00				no	no	Riego	
62	74	PP	608050	1296500	El Pitalito		Mario Hanon Talavera		61.00	4.00		3.97	83.00		57.00	185.00				no	no	Riego	
63	75	PP	595350	1296050	Valle Menier		Alberto McGregor		61.00	6.00		5.96	152.00		55.00	250.00				no	no	Sin uso	
64	76	PP	607220	1300360	El Carmen, Cuatro Esquinas		Dionisio Cuadra			15.00		14.96	100.00							no	no	Inactivo	
65	77	PP	603500	1296200	Ingenio Amalia, Res. Ejecutiva		Ingenio Javier Guerra		36.60	3.00		2.95	98.00		33.60					no	si	Sin uso	
66	78	PP	604500	1295850	Ingenio Amalia		Alberto McGregor			4.00		3.98	94.00			250.00				no	no	Sin uso	
67	79	PP	599800	1303900	Km. 61 Jintope - Nandaimé		ENABAS San Diego		86.20	63.60		62.92	178.40		2.60	270.00				si	si	Sin uso	
68	80	PP	603957	1300358	Matadero San Martín		ENAMARA		85.30							182.00				no	si	Industrial, extraen 30.000gpd. NDA = 16.6	
69	81	PP	604550	129																			

"Disponibilidad y Aprovechamiento Sostenible del Acuífero de Nandaime año 2004"

Continuación de Tabla N° 3

Fuente: Elaboración propia a partir de la base de datos de INETER

NEA(m)	
Mar= Marzo	Oct=Octubre

INVENTARIO DE POZOS EXCAVADOS EN EL ACUIFERO DE NANDAIME, AÑO 2004

Tabla N° 3.1

N°	TESIS	TPO	ESTE	NORTE	LOCALIZACIÓN	PROPIETARIO	ELEV(msnm)	PROF(m)	NEA(m) Mar	NEA(m) Oct	NEA(msnm)	ESPESOR(m)	PR(mts)	OBSERVACION
1	PE	603544	1296567	Ingenio	Javier Guerra	Ingenio Javier Guerra	96.00	11.90	4.30	4.29	91.40	7.60	1.10	Doméstico, manual.
2	PE	608954	1293453	Agro Riegos	el Dorado	Ervin González	70.00	9.10	6.80	6.78	68.00	63.00	0.70	Doméstico, manual.
3	PE	598100	1294850	La pintada		Terencio García	119.00	23.10	12.80	12.74	106.20	10.20	0.50	Doméstico, manual.
4	PE	600134	1296526	Menier		Miguel A. Jimenez	118.00	12.00	2.90	2.85	114.80	9.10	0.50	Doméstico, manual.
5	PE	608871	1298500	Buena vista	del pital	Alfonso Zavala	118.00	7.10	5.60	5.52	112.10	1.50	0.65	Doméstico, manual.
6	PE	608200	1300400	El Ojochal		Rolando Espinoza	111.00	16.20	6.20	6.16	104.80	9.90	0.50	Doméstico, manual.
7	PE	605450	1300500	San Jerónimo		José Rodríguez	131.00	12.20	11.40	11.35	119.60	0.70	0.70	Doméstico, manual.
8	PE	602850	1302050	Sta. Juana		Lorenzo Mendoza	172.00	28.10	27.80	27.78	144.20	0.30	0.50	Doméstico, manual, para plantas.
9	PE	606150	1304350	La Granadilla		Arturo González	180.00	54.50	51.80	51.72	128.30	2.80	0.50	Doméstico, manual.
10	PE	604000	1305400	Buena vista		José Adán Prego	193.00	32.20	26.00	25.97	167.00	6.20	1.00	Doméstico, manual.
11	PE	601300	1303750	Sta. Rosa		Justo Romero	221.00	53.80	32.00	31.98	189.00	21.80	1.00	Doméstico, manual.
12	PE	600700	1305650	El Encanto		Guillermo Ramírez	222.00	53.50	50.00	19.88	182.00	3.50	1.00	Doméstico, manual.
13	PE	594900	1306750	La Paz de Oriente		Ranulfo Alemán	394.00	161.20	89.00	0.00	305.00	72.20	1.00	Manual, no lo usan hay agua potable.
14	PE	591700	1302650	San Fco. De la unión		Francisco Baltodano	346.00	81.60	80.00	0.00	266.00	1.60	1.00	Doméstico, manual.
15	PE	593750	1306000	B. Las Cruces		Luis B. Téllez	399.00	151.70	150.00	0.00	249.00	1.70	1.00	Manual y sin uso, hay agua potable
16	PE	595950	1303650	La Gloria		Melba R. De Téllez	322.00	115.00	113.00	0.00	209.00	2.00	0.80	Doméstico, poco uso, hay agua potable
17	PE	598300	1304500	Barrio Nuevo		Alejandro y Ramón Lara	293.00	128.30	98.00	0.00	195.00	30.30	0.60	Doméstico, malacate, poco uso, hay agua potable
18	PE	595450	1304750	Hda. Sta. Cruz		Marina R. de Porras	358.00	131.60	130.00	0.00	228.00	1.60	1.00	Sin uso, hay agua potable.
19	PE	597300	1304450	Hda. La vida es nada		Bayardo Ordeñana	311.00	107.50	106.20	105.58	204.80	1.30	0.80	Doméstico, malacate.
20	PE	598900	1303680	Fca. Monte Carmelo		Ricardo Gutiérrez	262.00	75.30	71.10	71.05	190.90	4.20	0.90	Doméstico, manual.
21	PE	599400	1303200	San Antonio		Viviana Castillo	248.00	68.60	60.80	60.75	187.20	7.80	1.00	Manual, no lo usan hay agua potable.
22	PE	599700	1302650	Monte Grande Occidental		Inocente Méndez	228.00	69.00	66.00	65.97	162.00	3.00	0.50	Manual, sin uso.
23	PE	600350	1302050	Fca. El Amparo		Juan Téllez	216.00	56.10	54.90	54.89	160.60	1.20	1.00	Manual, sin uso.
24	PE	598800	1306140	Had. San Diego		Antonio Quintanilla	260.00	83.80	63.00	62.95	197.00	20.80	1.00	Bomba, sin uso.
25	PE	600800	1304050	Valle Monte Grande Oriental		Comunidad	240.00	49.80	48.80	48.83	191.10	0.90	0.80	Doméstico, manual.
26	PE	602450	1303150	Comarca la Breña		Pilar Chávez	178.00	35.80	34.80	34.72	143.20	1.10	1.00	Doméstico, manual.
27	PE	603530	1303320	La Ilusión		Manuel Medrano	175.00	27.30	26.50	25.48	148.50	0.80	0.70	Doméstico, manual.
28	PE	604500	1306350	Los Guásimos		Mercedes Quintero	210.00	40.70	39.00	0.00	171.00	1.70	1.00	Doméstico, manual.
29	PE	607500	1304150	La Granadilla		Leonel Vega	198.00	37.20	36.20	35.86	161.80	1.00	1.00	Doméstico, manual.
30	PE	608350	1306650	El Toco		Ernesto López	83.00	4.50	3.20	3.18	80.00	1.30		Doméstico, Aeromotor,
31	PE	596750	1301250	San José de Gracias		Juan Vado	222.00	10.90	9.70	9.60	211.00	1.20	1.00	Doméstico, manual.
32	PE	603524	1296467	Ingenio Amalia		CORNAP	96.00	6.40	4.30	4.28	90.00	2.10	1.10	Doméstico, manual.
33	PE	601800	1306850	La Primavera		Gilberto Bendaña	240.00	45.60	41.00	40.96	199.00	4.60	0.80	Doméstico, manual.
34	PE	600000	1304760	San Diego		Santiago Molina	258.00	69.40	64.00	64.00	194.00	5.30	1.00	Manual, sin uso, no se pudo sacar agua.
35	PE	606250	1299000	Cma. San Diego		Ernesto Chamorro	110.00	6.80	6.20	6.15	103.80	0.60	0.50	Doméstico, manual, poco uso, no se pudo medir
36	PE	607250	1299100	San José		Carlos Gómez	108.00	7.60	6.00	5.98	102.00	1.60	0.50	Doméstico, manual.
37	PE	605340	1304450	La Barranca		Simón Cordero	180.00	45.40	42.00	41.97	136.00	3.40	1.00	Doméstico, manual, lo usan por épocas
38	PE	605250	1302950	San Fernando		Maria de Jesús Zepeda	152.00	17.10	13.00	12.99	139.00	4.10	0.50	Manual, no lo usan, hay agua potable.
39	PE	604600	1301550	Santa Elena		Antonia Bermúdez	146.00	20.90	19.00	18.89	127.40	1.90	0.70	Manual, sin uso.
40	PE	604450	1300900	El arenal o barro Arlen siu		Alfonso León	140.00	17.70	13.00	12.97	127.00	4.70	0.60	Doméstico, manual, lo usan por épocas
41	PE	607050	1300050	Cuatro esquinas		Ernesto Chamorro	117.00	13.10	9.00	8.96	108.00	4.10	0.50	Doméstico, manual.
42	PE	595640	1300620	Los Encuentros		Teresa Cruz	258.00	60.50	58.00	0.00	200.00	2.50	1.00	Doméstico, manual casi no lo usan.
43	PE	595470	1301870	Los Encuentros		Pascual Rojas	298.00	80.10	77.00	0.00	221.00	3.10	1.00	Doméstico, manual, no lo usan, no se pudo medir
44	PE	592260	1304950	Los Potrerillos		Amulfo Acevedo B.	390.00	132.10	0.00	0.00	0.00	4.10	1.00	Malacate, sin uso, no se pudo medir.
45	PE	603880	1299850	Nandaimé		Texaco	136.00	11.70	0.00	0.00	0.00	1.70	0.50	Manual, sin uso, no se pudo medir
46	PE	604500	1299350	Las Conchitas		Francisco mendoza	121.00	16.00	6.50	6.48	114.50	9.50	1.00	Manual, poco uso, hay agua potable.
47	PE	606820	1301140	Los Mollejones		Reymundo Guadamuz	127.00	18.20	17.00	16.53	110.00	1.20	0.80	Doméstico, aeromotor.
48	PE	606420	1297480	Jesús María		José Rodríguez Blen	103.00	5.80	4.20	4.18	98.80	1.60	0.60	Doméstico, manual, abreveadero, casi no se usa
49	PE	596850	1302200	La Esperanza		Renato Rodríguez	282.00	80.60	77.00	0.00	205.00	3.60	1.00	Doméstico, manual, abreveadero, casi no se usa
50	PE	608700	1297250	Lugar la pista		Gustavo A. Zavala	82.00	6.60	3.00	2.97	79.00	3.60	0.70	Doméstico, manual.
51	PE	603950	1296400	El Dorado		Júlio Mercado	100.00	4.00	1.50	1.50	98.60	2.60	0.50	Doméstico, manual.
52	PE	598294	1300533	El Congo		Carmelinda Valverde	210.00	65.50	7.00	7.00	203.00	2.50	0.80	Doméstico, manual, abreveadero.
53	PE	606600	1294000	Comarca San Mateo		Modesto Bládon	80.00	11.30	8.50	8.48	71.50	2.80	0.90	Doméstico, manual, abreveadero.
54	PE	607000	1291350	El Cantadero		Albino Talavera	70.00	10.50	6.20	6.19	63.80	4.30	0.60	Doméstico, manual, abreveadero.
55	PE	601500	1292200	La Zorra		Comunal	95.00	9.60	6.00	5.97	89.00	3.60	0.70	Doméstico, manual, abreveadero.
56	PE	601320	1303620	Fca. La Flor		Mercades Alvarado	225.00		32.60	32.59	192.40		1.00	Abandonado, usan agua potable
57	PE	600980	1303650	Fca. Santa Rosa		Federico Romero	220.00	63.00	60.40	60.42	159.60	2.60		Doméstico, manual.

Continuación de Tabla N° 3.1

58	PE	600250	1303400	Fca. Santa Cruz.carret.Jinotepe	Juan Cruz	241.00	65.00	61.50	61.46	179.50	3.50	1.00	Doméstico, manual.
59	PE	600470	1305100	San Diego	Cooperativa	260.00	65.00	63.90	63.88	196.20	1.20	0.50	Doméstico, manual.
60	PE	598510	1305470	San Diego	Cooperativa	285.00	93.00	90.80	90.73	194.00	2.20	0.70	Doméstico, manual.
61	PE	600650	1301600	Fca. Santa Rosa	Donal García	192.00		50.00	49.92	142.00		0.80	Doméstico, manual.
62	PE	597070	1301620	San José de Gracias	Angel Pinales	280.00		58.00	57.96	202.00		1.00	Manual casi no lo usan
63	PE	602200	1302200	Empal. Nandaime- Jinotepe	Luis Méndez	182.00	29.40	25.00	24.90	157.00	4.40	1.00	Manual no lo usan hay agua pot.
64	PE	605050	1300400	El Recreo	Reyes Navas	125.00	15.20	11.00	10.98	114.00	4.20	1.00	Doméstico, manual.
65	PE	604450	1306150	San Caralampio	José Mercedes	210.00	44.30	42.20	42.19	167.80	2.10	1.00	Doméstico, manual.
66	PE	604250	1305550	Buena Vista	Eduardo Ampíe	200.00	36.50	35.10	35.08	164.90	1.40	0.90	Doméstico, manual.
67	PE	604250	1305020	La Barranca	Josefa Vásquez	190.00	31.70	31.00	30.94	159.00	0.70	1.00	Doméstico, manual, para plantas.
68	PE	604650	1303500	La Barranca	Julio Pastor	170.00	37.60	35.80	35.78	134.20	1.80	1.20	Doméstico, manual, para plantas.
69	PE	607120	1300390	Cuatro Esquinas	Rosa Acuña	117.00	16.90	13.50	13.49	103.50	3.40	0.70	Doméstico, manual, para plantas.
70	PE	606300	1300550	Cuatro Esquinas	Santiago Díaz	120.00	15.60	14.20	14.17	105.80	1.40	0.80	Doméstico, manual, para plantas.
71	PE	605400	1299000	Santa Teresita	Julia Chávez	115.00	8.80	6.30	6.29	108.70	2.50	1.00	Doméstico, manual.
72	PE	604000	1300600	Nandaime frente al matadero	Francisca González	135.00	17.10	14.40	14.30	120.60	2.80	0.70	Doméstico, manual.
73	PE	604650	1302150	Barrio la Orilla	Antonio Requetia	150.00	17.90	17.00	16.98	133.00	0.90		Doméstico, manual.
74	PE	604550	1302520	Barrio la Orilla	Julio Reyes	155.00	19.80	17.90	17.89	137.10	1.80		Doméstico, manual.
75	PE	603700	1303350	La Brecha # 2	Ramón Zapata	170.00	26.30	25.80	25.79	144.30	0.60		Doméstico, manual.
76	PE	603803	1298213	El Porvenir	Oscar Ocón	118.00	6.90	1.90	1.90	111.10	5.00	0.70	Doméstico, manual, para hortalizas.
77	PE	606956	1300117	La Compañía (El Carmen)	Rene Chamorro	141.00	12.60	9.80	9.85	131.20	2.80	1.00	Doméstico, manual.
78	PE	607586	1296491	Com. El Manchón	Margarita Alvarez	95.00	8.20	6.10	6.09	89.00	2.10	1.00	Doméstico, manual.
79	PE	607648	1297043	El Manchón	Margarita Peña Jimenez	80.00	9.00	6.70	6.69	73.80	2.40	0.80	Doméstico, manual.
80	PE	608307	1296983	Fca. El Pital	Alberto Zavala	96.00	8.80	4.10	4.08	91.90	4.70	0.83	Doméstico, manual.
81	PE	608552	1297033	El Manchón	Oscar Zúñiga	80.00	9.00	4.20	4.19	75.80	4.80	0.80	Doméstico, manual.
82	PE	608329	1296727	El Pital	Martha Gutiérrez	111.00	9.50	6.00	5.98	105.00	3.50	0.70	Doméstico, manual.
83	PE	608783	1294585	Fca. Santa Rita	Alfonzo Zavala	75.00	11.10	8.30	8.28	68.00	2.80	0.50	Aeromotor, ganadería.
84	PE	607064	1297497	El Manchón	Albertina Acosta	96.00	4.60	2.80	2.79	93.20	1.80	0.70	Doméstico, manual.
85	PE	607044	1297000	El Manchón	Martha Aguirre	96.00	6.00	5.20	5.18	90.80	0.80	0.80	Doméstico, manual.
86	PE	607166	1300571	La Compañía (El Carmen)	Rene Chamorro	141.00	15.60	12.70	12.70	135.00	2.90	0.90	Doméstico, manual.
87	PE	606850	1300760	Cuatro Esquinas	Carlos José Hernández	122.00	17.00	13.00	12.96	109.00	4.00	1.05	Doméstico, manual.
88	PE	606182	1300780	Cuatro Esquinas	Manuel Mongalo	125.00	16.20	13.40	13.38	111.60	2.80	0.80	Doméstico, manual.
89	PE	605273	1300506	San Jerónimo	Ines García	132.00	12.20	10.40	10.39	121.70	1.90	0.75	Doméstico, manual.
90	PE	604608	1300333	El Recreo	Javier Avendaño	133.00	14.90	10.80	10.78	122.20	4.10	0.74	Doméstico, manual.
91	PE	603346	1298478	Fca. Santa Isabel	Federico Carvajal	120.00	8.40	2.20	2.20	117.80	6.10	0.87	Doméstico, manual, abrevadero.
92	PE	604500	1300400	El Recreo	David Aguilar	136.00	15.00	3.20	3.19	132.80	11.80	0.50	Doméstico, manual.
93	PE	604240	1297787	La presa Candelaria	Julio Jimenez	115.00	4.10	1.70	1.50	111.00	2.40	0.50	Doméstico, manual.
94	PE	604382	1297094	Caserío el Dorado	Larrys Medrano	110.00	4.20	2.50	2.50	107.00	1.80	1.05	Doméstico, manual.
95	PE	604360	1297084	Caserío el Dorado	Francisca Morales	110.00	4.40	1.90	1.90	108.00	2.50	0.67	Doméstico, manual.
96	PE	604344	1296411	Caserío el Dorado	Hnos. Mercado	100.00	4.80	3.80	3.79	96.00	1.00	0.66	Doméstico, manual.
97	PE	604546	1296073	El Dorado	Juan Humberto Blandón	100.00	4.40	3.30	3.28	97.00	1.10	0.50	Doméstico, manual.
98	PE	606223	1294626	La Palma	Eduardo Zavala	85.00	16.80	11.40	11.39	74.00	5.30	0.76	Doméstico, manual.
99	PE	607322	1292527	San Mateo	Julio Bismark Hernández	98.00	11.40	9.60	9.56	88.90	1.80	0.80	Doméstico, manual.
100	PE	605058	1294686	San Lucas	Francisco Blandón	108.00	13.40	10.40	10.39	97.50	3.00	0.60	Doméstico, manual.
101	PE	603283	1296279	Ingenio Amalia	CORNAP	105.00	7.00	3.30	3.28	102.00	3.80	0.50	Doméstico, manual, sin uso.
102	PE	602458	1295863	Ingenio Amalia	Jose Guillermo Gaitán	118.00	6.20	4.40	4.39	113.30	1.80	0.75	Doméstico, manual.
103	PE	600670	1293020	Pedro Joaquín Chamorro	Juana Soza López	137.00	6.30	5.00	4.98	132.00	1.30	0.60	Doméstico, manual.
104	PE	602514	1296084	Ingenio Amalia	Germán López R.	117.00	7.00	3.40	3.39	114.00	3.60	0.80	Doméstico, manual, para lavar ropa.
105	PE	600890	1298588	Río Chiquito	Rafaela Ramírez	133.00	16.00	12.10	12.07	120.60	4.00	0.90	Doméstico, manual, abrevadero.
106	PE	600888	1298486	Río Chiquito	Celia del Carmen Cerda	132.00	15.00	11.00	10.98	121.00	4.00	0.80	Doméstico, manual.
107	PE	600777	1298785	Río Chiquito	Rosa Mercado	141.00	20.50	16.40	16.35	126.00	4.20	1.05	Doméstico, manual.
108	PE	600647	1298879	Río Chiquito	Santos Domínguez	142.00	20.00	16.40	16.36	125.60	3.60	0.60	Doméstico, manual.
109	PE	600065	1299234	Casa Blanca	Guillermo Obando	132.00	26.40	24.20	24.18	135.00	2.20	0.95	Doméstico, manual, abrevadero.
110	PE	599260	1299644	Los Guzmanes	Comunitario	183.00	33.60	30.10	30.05	153.00	3.50	1.10	Doméstico, aeromotor.
111	PE	598260	1299634	Los Guzmanes	Rafael Guzmán	193.00	29.40	25.90	25.87	167.10	3.50	1.00	Doméstico, manual.
112	PE	601059	1297420	El Peludo	Juan Fco. Vanegas G.	135.00	8.00	2.40	2.39	132.60	5.60	0.90	Doméstico, manual.
113	PE	599950	1296600	Valle menier	Escuela	136.00	8.00	5.00	4.98	131.00	3.00	1.00	Escolar
114	PE	599288	1296336	Los Mamones	Comunitario	136.00	12.60	10.70	10.69	125.30	1.90	0.50	Doméstico, manual.
115	PE	598902	1296226	La Calera	Comunitario	139.00	16.80	10.50	10.48	128.60	6.40	0.85	Doméstico, manual.
116	PE	598700	1296300	La Calera	Ronald Miranda	139.00	11.80	8.40	8.38	130.60	3.30	0.80	Doméstico, manual.

Continuación de Tabla N° 3.1

117	PE	598516	1296471	La Calera	Comunitario	163.00	17.00	11.10	11.08	151.70	5.90	0.80	Doméstico, manual.
118	PE	599179	1295612	Río Medina	Juan Guerrero	127.00	20.00	16.60	16.59	110.00	3.40	0.60	Doméstico, manual.
119	PE	599377	1295422	Río Medina	Escuela Emma T. López	125.00	18.00	9.80	9.76	115.20	8.20	0.94	Escolar
120	PE	597275	1295025	Com. Los Jirones	Escuela 14 de sept.	163.00	22.00	18.20	18.10	144.30	3.80	0.60	Escolar y doméstico.
121	PE	598036	1295009	La Pintada	Jose Maria Acevedo	146.00	30.00	19.10	19.09	127.30	11.00	0.85	Doméstico, manual.
122	PE	597550	1292550	El Guarumo	Bertha Palacios	210.00	12.00	6.90	6.89	203.10	5.10	0.70	Doméstico, manual.
123	PE	604284	1301061	Barrio Arlen siu	José Carmona o Julio C.	154.00	17.00	10.20	10.18	143.80	6.80	0.60	Doméstico, manual.
124	PE	604194	1300976	Barrio Arlen siu	Alejandra Rodríguez	150.00	13.00	9.10	9.09	140.90	3.90	1.07	Doméstico, manual.
125	PE	604437	1301194	Barrio Arlen siu	José Calero	157.00	16.00	14.70	14.60	142.30	1.30	1.20	Doméstico, manual.
126	PE	604439	1301697	Barrio Arlen siu	Edmundo Escobar	149.00	22.00	18.40	18.35	131.00	3.60	0.80	Doméstico, manual.
127	PE	604561	1302457	Com. La Orilla (La Barranca)	Olga Morales	171.00	24.00	17.20	17.15	153.80	6.80	1.00	Doméstico, manual.
128	PE	604648	1303141	Com. La Orilla (La Barranca)	Pedro A. Fernández M.	170.00	25.20	16.80	16.77	152.70	8.40	0.80	Doméstico, manual.
129	PE	603760	1301730	Brecha N°2	Maria Engracia Acosta	155.00	21.00	15.70	15.65	139.00	5.40	1.30	Doméstico, manual extraen 30gpd p/patio
130	PE	602902	1302843	El Mango	Adrián Gnn	178.00	42.00	35.70	0.00	142.30	6.30	0.87	Doméstico, manual, abrevadero
131	PE	598924	1304170	Fca. San Miguelito	Julio Conrado	270.00	88.00	81.30	81.20	188.70	6.70	3.00	Doméstico, manual, poco uso, hay agua pota
132	PE	600306	1298849	Los Guzmanes	Gonzalo Calderón	150.00	25.20	20.00	19.99	130.00	5.20	1.00	Doméstico, manual, abrevadero.
133	PE	603367	1303069	Fte a INATEC	Daniilo Gutiérrez	180.00	38.00	23.00	22.95	157.00	15.00	1.16	Doméstico, bomba, abrevadero.
134	PE	610575	1290597	Las Enramadas	Maía Teresa López G.	80.18	5.30	4.13	4.12	76.00	1.17	1.40	Doméstico
135	PE	611730	1291247	El llano bonito	Oscar Acevedo	85.37	7.67	3.77	3.77	81.00	3.90	1.75	Doméstico
136	PE	612246	1292380	El llano bonito	Oscar Acevedo	87.20	7.05	5.40	5.39	82.00	1.65	1.75	Doméstico
137	PE	610554	1291565	Iguanero	José López	95.12	5.60	3.50	3.48	91.50	2.10	0.93	Doméstico
138	PE	610211	1291520	Iguanero	Flor de Ma. Flores Ru	65.00	4.63	3.33	3.31	62.00	1.30	0.55	Doméstico
139	PE	610212	1291460	Iguanero	Flora Ruiz	65.00	5.00	3.40	3.39	62.00	1.60	0.60	Doméstico
140	PE	609683	1292348	La Carbonera	Lesbia Peirano	70.00	8.20	4.90	4.89	65.00	3.30	1.10	Doméstico
141	PE	609489	1291007	La Carbonera	Lesbia Peirano	75.00	11.47	8.58	8.57	66.00	2.89	1.15	Doméstico
142	PE	609783	1292351	Finca San Sebastián		70.00	12.00	8.20	8.20	62.00	3.80	1.10	Doméstico
143	PE	610320	1296397	Santa Ana	Roberto Mejia	84.00	16.34	14.02	14.01	80.00	2.34	1.30	Doméstico
144	PE	611014	1295164	Santa Ana	Roberto Mejia	86.28	9.60	7.05	7.05	79.00	2.55	0.95	Doméstico
145	PE	619400	1291850	San Ramón	Ramón (buscar agenda	34.00	7.80	3.50	3.49	30.50	4.30	1.00	Doméstico
146	PE	617703	1290900	Escuela San Ramón	Escuela	60.00	7.22	4.65	4.64	55.00	2.65	1.40	Doméstico
147	PE	617718	1290950	San Ramón	José Esteban Lumbi	60.00	7.00	4.50	4.50	55.00	2.50	1.00	Doméstico
148	PE	616374	1290536	La Baraja	Ervin Sandino Morales	40.00	6.10	4.05	4.03	36.00	2.05	1.30	Doméstico
149	PE	616481	1290597	Comunidad la Barrasa	Ernesto Rivas	40.00	7.95	7.05	7.04	33.00	0.90	1.30	Doméstico
150	PE	616986	1290872	Comunidad La Barrasa	Misael Guadamuz	38.00	6.72	5.72	5.70	32.00	1.00	1.10	Doméstico
151	PE	611000	1294800	Santa Ana	Roberto Mejia	45.00	7.50	6.71	6.71	38.00	0.79	1.20	Doméstico
152	PE	615890	1290321	San Rafael	Sergio Fco. Narváez	45.00	6.75	4.50	4.50	41.00	2.25	1.00	Doméstico
153	PE	616700	1303250	Sta. Julia	Alfonso Zavala	60.00	7.24	6.50	6.49	54.00	0.74		Doméstico
154	PE	615700	1299600	San Luis de Manares	Gustavo Gutiérrez	52.00	9.44	5.27	5.26	48.00	4.17	1.30	Doméstico
155	PE	615700	1302650	Sn. Juan de Mombacho	Joaquín Mendoza	50.00	8.00	6.00	6.00	44.00	2.00	1.10	Doméstico
156	PE	611050	1302050	Las Aguas	Roberto Mejia	107.01	18.58	16.99	16.95	90.00	1.59	1.00	Doméstico
157	PE	616700	1303250	Sta. Julia	Alfonso Zavala	60.00	7.24	6.00	5.98	54.00	1.24	1.00	Doméstico
158	PE	613900	1299200	Sta. Isabel	Silvio Chamorro	60.00	11.63	10.50	10.43	49.00	1.13	1.20	Doméstico
159	PE	612450	1293900	La arrocera Sta Ana	Eufemio Aburto	60.00	4.21	3.07	3.06	57.00	1.14	0.90	Doméstico
160	PE	614850	1301500	Hda. Mecatepe	Ernesto Chamorro Cia.	50.00	12.41	9.71	9.70	40.00	2.70	0.85	Doméstico
161	PE	615400	1296400	La Huerta	Ignacio Chamorro	57.60	10.17	8.36	8.35	49.00	1.81		Doméstico
162	PE	611200	1290600	Sta. Julia	Julia Cortes	60.00	7.92	5.83	5.83	54.17	2.09	1.00	Doméstico
163	PE	613894	1286773	Fca. Las Lajas	Rene Morales	69.00	8.85	4.40	4.40	64.60	4.50	0.90	Doméstico
164	PE	613103	1287051	San Roque	Chepe Chu	76.00	6.80	3.50	3.48	72.50	3.30	0.90	Doméstico/abrevadero
165	PE	612451	1287524	Palo Alto	Rufina Alvarez	81.62	5.50	3.30	3.29	78.70	2.20	1.00	Doméstico
166	PE	612095	1288279	Palo Alto		82.00	5.90	2.70	2.68	79.30	3.20	0.75	Doméstico
167	PE	610257	1288870	Fca. La Pinta	Aguiles Jain	81.68	12.15	5.95	5.92	76.00	6.20	0.60	Doméstico
168	PE	610459	1288020	Belén	Mariano Méndez Calero	89.90	6.42	4.12	4.11	85.88	2.30	0.68	Doméstico
169	PE	611708	1288510	Belén	Juan Morales	88.00	8.02	3.45	3.44	84.50	4.50	0.90	Doméstico

NEA(m) : Nivel estático del agua

PROF(m): Profundidad total del pozo.

NEA(msnm) : Superficie piezométrica

PR(m): Punto de referencia

BALANCE HIDRICO DE SUELOS

Zona de Estudio:

Nandaimé

Textura de Suelo:

Suelo Mollisol (Franco)

Simbología

fc: Capacidad de Infiltración.

I: Infiltración.

CC: Capacidad de Campo.

PM: Punto de Marchitez.

PR: Profundidad de Raíces.

RAD (CC-PM): Rango de Agua Disponible.

DS: Densidad de Suelo.

P: Precipitación Media Mensual.

Pi: Precipitación que infiltra.

ESC: Escorrentía Superficial

ETP: Evapotranspiración Potencial.

ETR: Evapotranspiración Real.

HSi: Humedad de Suelo Inicial.

HD: Humedad Disponible

HSf: Humedad de Suelo Final.

DCC: Déficit de Capacidad de Campo.

Rp: Recarga Potencial

ND: Necesidad de Riego.

fc (mm/d): 298.00
I (%): 0.71608024
DS (g/cm³): 1.35
PR (mm): 750.00
HSi (mm): 121.50

	(%)	(mm)
CC	20.00	202.50
PM	12.00	121.50
RAD	8.00	81.00

Tabla N°4

Concepto	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	Total
P (mm)	242.25	493.70	250.58	113.77	159.56	260.16	71.55	5.23	3.39	0.68	0.87	4.26	1606.00
Pi (mm)	173.47	353.53	179.43	81.47	114.26	186.30	51.24	3.74	2.43	0.49	0.62	3.05	1150.02
ESC (mm)	80.59	164.50	83.58	37.96	53.28	86.58	23.98	1.67	1.00	0.33	0.33	1.33	535.13
ETP (mm)	166.59	133.46	142.02	145.86	137.85	128.83	120.14	128.48	132.53	137.83	172.52	173.89	1720.00
HSi (mm)	121.50	178.25	202.50	202.50	179.51	185.26	202.50	174.75	143.54	130.78	125.11	122.85	1969.06
HD (mm)	173.47	410.28	260.43	162.47	172.27	250.06	132.24	57.00	24.47	9.77	4.24	4.40	1661.09
ETR (mm)	116.72	133.46	142.02	104.46	108.51	128.83	78.98	34.96	15.19	6.15	2.88	3.01	875.17
HSf (mm)	178.25	202.50	202.50	179.51	185.26	202.50	174.75	143.54	130.78	125.11	122.85	122.90	1970.46
DCC (mm)	24.25	0.00	0.00	22.99	17.24	0.00	27.75	58.96	71.72	77.39	79.65	79.60	459.54
Rp (mm)	0.00	301.00	57.51	0.00	0.00	61.83	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	420.34
NR (mm)	74.12	0.00	0.00	64.40	46.58	0.00	68.90	152.48	189.07	209.06	249.28	250.48	1304.37

Area (km²) 216.5
R(mmca) 91.0

BALANCE HIDRICO DE SUELOS

Zona de Estudio: Nandaime
Textura de Suelo: Suelo Vertisol (Arcillosos)
Simbología

fc: Capacidad de Infiltración.
I: Infiltración.
CC: Capacidad de Campo.
PM: Punto de Marchitez.
PR: Profundidad de Raíces.
RAD (CC-PM): Rango de Agua Disponible.
DS: Densidad de Suelo.

P: Precipitación Media Mensual.
Pi: Precipitación que infiltra.
ESC: Escorrentía Superficial.
ETP: Evapotranspiración Potencial.
ETR: Evapotranspiración Real.
HSi: Humedad de Suelo Inicial.
HD: Humedad Disponible
HSf: Humedad de Suelo Final.
DCC: Déficit de Capacidad de Campo.
Rp: Recarga Potencial
ND: Necesidad de Riego.

fc (mm/d): 110.00
I (%): 0.490912468
DS (g/cm³): 1.25
PR (mm): 400.00
HSi (mm): 95.00

(%) (mm)
CC 35.00 175.00
PM 19.00 95.00
RAD 16.00 80.00

Tabla N°4,1

Concepto	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	Total
P (mm)	250.20	509.90	258.80	117.50	164.80	268.70	73.90	5.40	3.50	0.70	0.90	4.40	1658.70
Pi (mm)	122.83	250.32	127.05	57.68	80.90	131.91	36.28	2.65	1.72	0.34	0.44	2.16	814.28
ESC (mm)	68.81	140.22	71.17	32.31	45.32	73.89	20.32	1.49	0.96	0.19	0.25	1.21	456.14
ETP (mm)	174.12	139.50	148.45	152.46	144.08	134.66	125.57	134.29	138.53	144.07	180.33	181.76	1797.83
HSi (mm)	95.00	133.67	175.00	167.51	139.80	139.88	160.89	134.76	110.83	101.42	97.42	95.88	1552.05
HD (mm)	122.83	288.98	207.05	130.19	125.71	176.79	102.16	42.41	17.55	6.77	2.86	3.04	1226.32
ETR (mm)	84.16	139.50	134.54	85.39	80.83	110.90	62.41	26.58	11.13	4.35	1.98	2.11	743.87
HSf (mm)	133.67	175.00	167.51	139.80	139.88	160.89	134.76	110.83	101.42	97.42	95.88	95.93	1552.98
DCC (mm)	41.33	0.00	7.49	35.20	35.12	14.11	40.24	64.17	73.58	77.58	79.12	79.07	547.02
Rp (mm)	0.00	159.59	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	159.59
NR (mm)	131.30	0.00	21.40	102.28	98.38	37.87	103.41	171.88	200.98	217.30	257.47	258.72	1600.99

Area (km²) 110.1
R (mmca) 17.6

BALANCE HIDRICO DE SUELOS

Zona de Estudio: Nandaime
Textura de Suelo: Suelo Alfisol (Arcillosos)
Simbología

fc: Capacidad de Infiltración.
 I: Infiltración.
 CC: Capacidad de Campo.
 PM: Punto de Marchitez.
 PR: Profundidad de Raíces.
 RAD (CC-PM): Rango de Agua Disponible.
 DS: Densidad de Suelo.

P: Precipitación Media Mensual.
 Pi: Precipitación que infiltra.
 ESC: Escorrentía Superficial
 ETP: Evapotranspiración Potencial.
 ETR: Evapotranspiración Real.
 HSi: Humedad de Suelo Inicial.
 HD: Humedad Disponible
 HSf: Humedad de Suelo Final.
 DCC: Déficit de Capacidad de Campo.
 Rp: Recarga Potencial
 ND: Necesidad de Riego.

fc (mm/d): 105.00
 I (%): 0.4802701
 DS (g/cm³): 1.25
 PR (mm): 400.00
 HSi (mm): 95.00

(%) (mm)
 CC 35.00 175.00
 PM 19.00 95.00
 RAD 16.00 80.00

Tabla N°4,2

Concepto	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	Total
P (mm)	250.20	509.90	258.80	117.50	164.80	268.70	73.90	5.40	3.50	0.70	0.90	4.40	1658.70
Pi (mm)	120.16	244.89	124.29	56.43	79.15	129.05	35.49	2.59	1.68	0.34	0.43	2.11	796.62
ESC (mm)	67.05	136.65	69.36	31.49	44.17	72.01	19.81	1.45	0.94	0.19	0.24	1.18	444.53
ETP (mm)	174.12	139.50	148.45	152.46	144.08	134.66	125.57	134.29	138.53	144.07	180.33	181.76	1797.83
ETR (mm)	95.00	132.83	175.00	166.54	139.04	138.98	159.48	133.91	110.49	101.29	97.36	95.86	1545.79
HD (mm)	120.16	282.72	204.29	127.97	123.19	173.03	99.98	41.50	17.17	6.62	2.80	2.97	1202.41
HSf (mm)	82.34	139.50	132.75	83.93	79.21	108.54	61.07	26.01	10.89	4.26	1.94	2.06	732.50
DCC (mm)	42.17	0.00	8.46	35.96	36.02	15.52	41.09	64.51	73.71	77.64	79.14	79.09	553.31
Rp (mm)	0.00	150.08	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	150.08
NR (mm)	133.96	0.00	24.15	104.49	100.90	41.63	105.60	172.79	201.36	217.44	257.53	258.79	1618.64

Area (km²) 95.3
 R (mmca) 14.3

BALANCE HIDRICO DE SUELOS

Zona de Estudio:
Textura de Suelo:
Simbología

Nandaime
Suelo Inceptisol (Franco)

fc: Capacidad de Infiltración.
I: Infiltración.
CC: Capacidad de Campo.
PM: Punto de Marchitez.
PR: Profundidad de Raíces.
RAD (CC-PM): Rango de Agua Disponible.
DS: Densidad de Suelo.

P: Precipitación Media Mensual.
Pi: Precipitación que infiltra.
ESC: Escorrentía Superficial
ETP: Evapotranspiración Potencial.
ETR: Evapotranspiración Real.
HSi: Humedad de Suelo Inicial.
HD: Humedad Disponible
HSf: Humedad de Suelo Final.
DCC: Déficit de Capacidad de Campo.
Rp: Recarga Potencial
ND: Necesidad de Riego.

fc (mm/d): 280.00
I (%): 0.70227584
DS (g/cm³): 1.35
PR (mm): 500.00
HSi (mm): 81.00

(%) (mm)
CC 22.00 148.50
PM 12.00 81.00
RAD 10.00 67.50

Tabla N°4,3

Concepto	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	Total
P (mm)	174.52	444.93	275.42	197.28	295.48	352.48	114.16	21.64	11.33	8.33	22.95	20.46	1939.00
Pi (mm)	122.56	312.47	193.42	138.55	207.51	247.54	80.18	15.20	7.96	5.85	16.12	14.37	1361.71
ESC (mm)	33.08	84.29	51.98	37.23	55.76	66.72	21.55	4.16	2.08	1.51	4.35	3.78	366.47
ETP (mm)	171.62	137.50	146.32	150.27	142.02	132.72	123.77	132.36	136.54	142.00	177.74	179.15	1772.00
HSi (mm)	81.00	115.60	148.50	148.50	144.87	148.50	148.50	133.12	103.73	91.15	86.16	86.85	1436.48
HD (mm)	122.56	347.06	260.92	206.05	271.38	315.04	147.68	67.31	30.69	21.27	16.00	20.23	1826.19
ETR (mm)	87.97	137.50	146.32	142.18	142.02	132.72	95.56	44.58	20.54	10.85	15.42	14.69	990.33
HSf (mm)	115.60	148.50	148.50	144.87	148.50	148.50	133.12	103.73	91.15	86.16	86.85	86.54	1442.01
DCC (mm)	32.90	0.00	0.00	3.63	0.00	0.00	15.38	44.77	57.35	62.34	61.65	61.96	339.99
Rp (mm)	0.00	173.21	57.43	0.00	75.42	139.98	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	446.035
NR (mm)	116.56	0.00	0.00	11.73	0.00	0.00	43.59	132.55	173.35	193.49	223.97	226.42	1121.66

Area (km²) 64.8
R (mmca) 28.9

BALANCE HIDRICO DE SUELOS

Zona de Estudio: Suelo Entisol (Franco Arcilloso)
Textura de Suelo:
Simbología

fc: Capacidad de Infiltración.
I: Infiltración.
CC: Capacidad de Campo.
PM: Punto de Marchitez.
PR: Profundidad de Raíces.
RAD (CC-PM): Rango de Agua Disponible.
DS: Densidad de Suelo.

P: Precipitación Media Mensual.
Pi: Precipitación que infiltra.
ESC: Escorrentía Superficial
ETP: Evapotranspiración Potencial.
ETR: Evapotranspiración Real.
HSi: Humedad de Suelo Inicial.
HD: Humedad Disponible
HSf: Humedad de Suelo Final.
DCC: Déficit de Capacidad de Campo.
Rp: Recarga Potencial
ND: Necesidad de Riego.

fc (mm/d): 101.00
I (%): 0.47138064
DS (g/cm³): 1.30
PR (mm): 300.00
HSi (mm): 58.50

	(%)	(mm)
CC	27.00	105.30
PM	15.00	58.50
RAD	12.00	46.80

Tabla N°4,4

Concepto	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	Total
P (mm)	250.20	509.90	258.80	117.50	164.80	268.70	73.90	5.40	3.50	0.70	0.90	4.40	1658.70
Pi (mm)	117.94	240.36	121.99	55.39	77.68	126.66	34.84	2.55	1.65	0.33	0.42	2.07	781.88
ESC (mm)	58.30	118.81	60.30	27.38	38.40	62.61	17.22	1.26	0.82	0.16	0.21	1.03	386.48
ETP (mm)	174.12	139.50	148.45	152.46	144.08	134.66	125.57	134.29	138.53	144.07	180.33	181.76	1797.83
HSi (mm)	58.50	83.48	105.30	98.96	81.01	83.07	97.50	78.55	64.34	60.39	59.04	58.70	928.84
HD (mm)	117.94	265.34	168.79	95.85	100.19	151.23	73.84	22.59	7.49	2.22	0.97	2.27	1008.72
ETR (mm)	92.96	139.50	128.33	73.34	75.63	112.22	53.79	16.75	5.60	1.68	0.77	1.81	702.37
HSf (mm)	83.48	105.30	98.96	81.01	83.07	97.50	78.55	64.34	60.39	59.04	58.70	58.97	929.31
DCC (mm)	21.82	0.00	6.34	24.29	22.23	7.80	26.75	40.96	44.91	46.26	46.60	46.33	334.29
Rp (mm)	0.00	79.04	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	79.04
NR (mm)	102.99	0.00	26.45	103.42	90.69	30.23	98.54	158.50	177.84	188.64	226.16	226.28	1429.75

Area (km²) 14.7
R (mmca) 1.2

BALANCE HIDRICO DE SUELOS

Zona de Estudio: Nandaime
Textura de Suelo: Suelo Inceptisol (Franco)
Simbología

fc: Capacidad de Infiltración.
I: Infiltración.
CC: Capacidad de Campo.
PM: Punto de Marchitez.
PR: Profundidad de Raíces.
RAD (CC-PM): Rango de Agua Disponible.
DS: Densidad de Suelo.

P: Precipitación Media Mensual.
Pi: Precipitación que infiltra.
ESC: Escorrentía Superficial
ETP: Evapotranspiración Potencial.
ETR: Evapotranspiración Real.
HSi: Humedad de Suelo Inicial.
HD: Humedad Disponible
HSf: Humedad de Suelo Final.
DCC: Déficit de Capacidad de Campo.
Rp: Recarga Potencial
ND: Necesidad de Riego.

fc (mm/d): 150.00
I (%): 0.56168539
DS (g/cm³): 1.35
PR (mm): 490.00
HSi (mm): 79.38

	(%)	(mm)
CC	22.00	145.53
PM	12.00	79.38
RAD	10.00	66.15

Tabla N°4,5

Concepto	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	Total
P (mm)	168.81	396.63	236.42	122.81	180.71	240.22	106.21	16.80	10.10	2.40	16.30	5.60	1503.00
Pi (mm)	94.82	222.78	132.79	68.98	101.50	134.93	59.65	9.44	5.67	1.35	9.16	3.15	844.21
ESC (mm)	39.50	92.80	55.32	28.74	42.28	56.21	24.85	3.93	2.36	0.56	3.81	1.31	351.68
ETP (mm)	155.36	127.38	128.32	136.62	129.09	122.41	113.93	116.98	119.18	122.64	153.22	162.65	1587.79
HSi (mm)	79.38	107.70	145.53	145.53	123.46	128.71	144.02	125.04	99.28	88.51	83.05	83.25	1353.45
HD (mm)	94.82	251.10	198.94	135.13	145.59	184.25	124.30	55.10	25.57	10.48	12.83	7.01	1245.11
ETR (mm)	66.50	127.38	128.32	91.05	96.26	119.61	78.64	35.19	16.45	6.81	8.96	4.99	780.15
HSf (mm)	107.70	145.53	145.53	123.46	128.71	144.02	125.04	99.28	88.51	83.05	83.25	81.41	1355.48
DCC (mm)	37.83	0.00	0.00	22.07	16.82	1.51	20.49	46.25	57.02	62.48	62.28	64.12	390.88
Rp (mm)	0.00	57.56	4.47	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	62.03
NR (mm)	126.69	0.00	0.00	67.64	49.65	4.30	55.78	128.03	159.76	178.32	206.55	221.79	1198.51

Area (km²) 2.7
R(mmca) 0.2

BALANCE HIDRICO DE SUELOS

Zona de Estudio:

Nandaime

Textura de Suelo:

Suelo Entisol (Franco Arcillosos)

Simbología

fc: Capacidad de Infiltración.

I: Infiltración.

CC: Capacidad de Campo.

PM: Punto de Marchitez.

PR: Profundidad de Raíces.

RAD (CC-PM): Rango de Agua Disponible.

DS: Densidad de Suelo.

P: Precipitación Media Mensual.

Pi: Precipitación que infiltra.

ESC: Escorrentía Superficial

ETP: Evapotranspiración Potencial.

ETR: Evapotranspiración Real.

HSi: Humedad de Suelo Inicial.

HD: Humedad Disponible

HSf: Humedad de Suelo Final.

DCC: Déficit de Capacidad de Campo.

Rp: Recarga Potencial

ND: Necesidad de Riego.

fc (mm/d): 101.00
 I (%): 0.47138064
 DS (g/cm³): 1.35
 PR (mm): 400.00
 HSi (mm): 81.00

	(%)	(mm)
CC	27.00	145.80
PM	15.00	81.00
RAD	12.00	64.80

Tabla N°4,6

Concepto	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	Total
P (mm)	250.20	509.90	258.80	117.50	164.80	268.70	73.90	5.40	3.50	0.70	0.90	4.40	1658.70
Pi (mm)	117.94	240.36	121.99	55.39	77.68	126.66	34.84	2.55	1.65	0.33	0.42	2.07	781.88
ESC (mm)	58.30	118.81	60.30	27.38	38.40	62.61	17.22	1.26	0.82	0.16	0.21	1.03	386.48
ETP (mm)	174.12	139.50	148.45	152.46	144.08	134.66	125.57	134.29	138.53	144.07	180.33	181.76	1797.83
HSi (mm)	81.00	112.99	145.80	137.76	114.45	115.48	133.35	110.68	91.49	84.87	82.30	81.46	1291.61
HD (mm)	117.94	272.34	186.79	112.15	111.13	161.14	87.18	32.22	12.14	4.20	1.73	2.53	1101.49
ETR (mm)	85.95	139.50	130.03	78.70	76.66	108.79	57.51	21.73	8.27	2.90	1.27	1.87	713.17
HSf (mm)	112.99	145.80	137.76	114.45	115.48	133.35	110.68	91.49	84.87	82.30	81.46	81.67	1292.28
DCC (mm)	32.81	0.00	8.04	31.35	30.32	12.45	35.12	54.31	60.93	63.50	64.34	64.13	457.32
Rp (mm)	0.00	68.04	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	68.04
NR (mm)	120.99	0.00	26.45	105.12	97.75	38.32	103.19	166.87	191.19	204.67	243.40	244.03	1541.98

Area (km²) 2.6
 R(mmca) 0.2

BALANCE HIDRICO DE SUELOS, 1990-2004

Zona de Estudio: Nandaime
Textura de Suelo: Suelo Mollisol (Franco)
Simbología

fc: Capacidad de Infiltración.
I: Infiltración.
CC: Capacidad de Campo.
PM: Punto de Marchitez.
PR: Profundidad de Raíces.
RAD (CC-PM): Rango de Agua Disponible.
DS: Densidad de Suelo.

P: Precipitación Media Mensual.
Pi: Precipitación que infiltra.
ESC: Escorrentía Superficial.
ETP: Evapotranspiración Potencial.
ETR: Evapotranspiración Real.
HSi: Humedad de Suelo Inicial.
HD: Humedad Disponible
HSf: Humedad de Suelo Final.
DCC: Déficit de Capacidad de Campo.
Rp: Recarga Potencial
ND: Necesidad de Riego.

fc (mm/d): 211.00
I (%): 0.63897217
DS (g/cm³): 1.35
PR (mm): 560.00
HSi (mm): 90.72

	(%)	(mm)
CC	24.00	181.44
PM	12.00	90.72
RAD	12.00	90.72

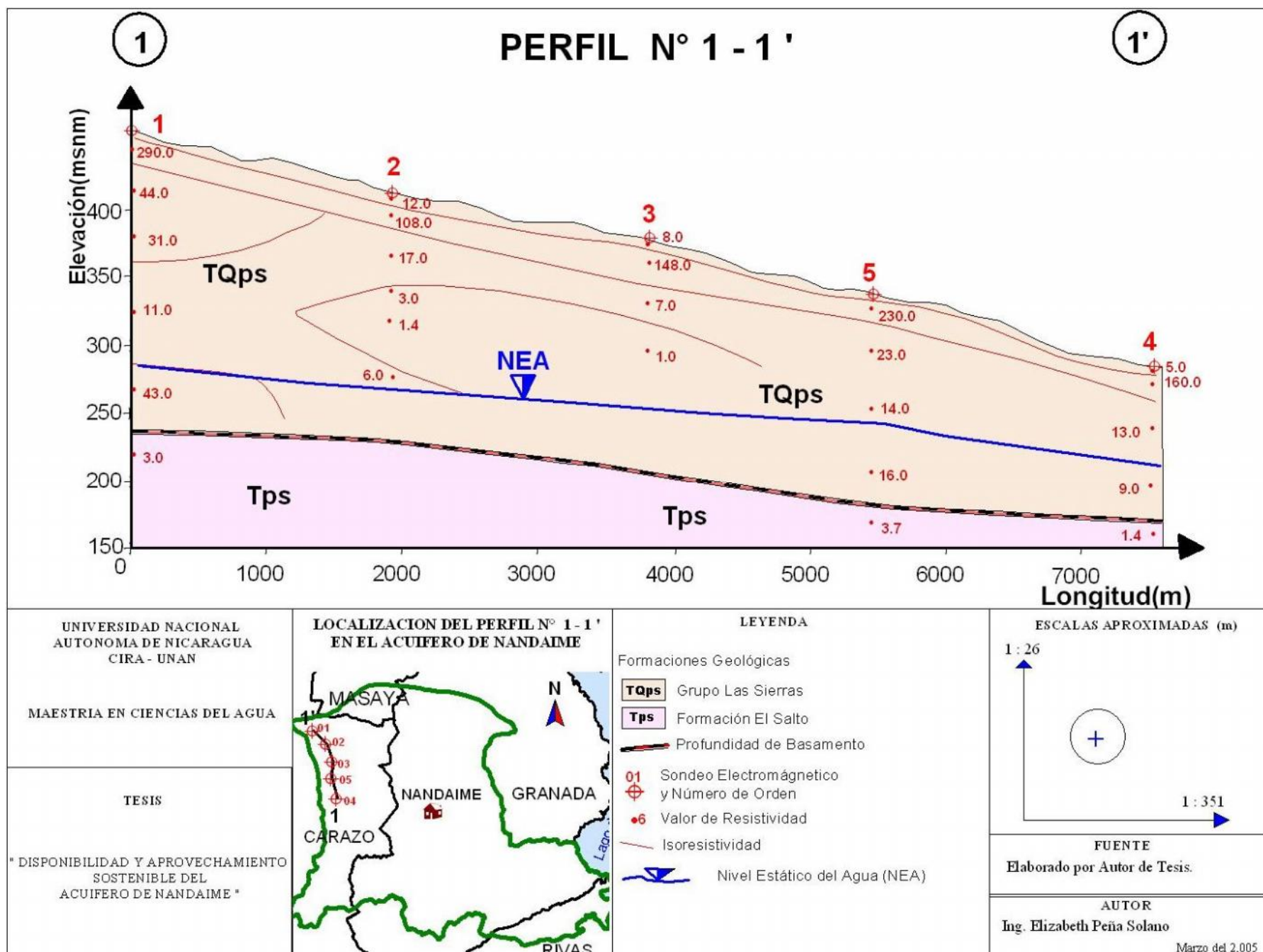
Tabla N°5

Concepto	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	Total
P (mm)	257.71	232.18	154.43	168.71	279.04	287.35	88.51	8.78	6.64	1.57	9.23	15.85	1510.00
Pi (mm)	164.67	148.36	98.67	107.80	178.30	183.61	56.55	5.61	4.25	1.00	5.90	10.13	964.85
ESC (mm)	56.98	116.32	59.10	26.84	37.68	61.22	16.95	1.18	0.71	0.24	0.24	0.94	378.40
ETP (mm)	167.95	144.37	147.17	148.04	131.79	128.49	121.84	125.86	132.14	135.71	169.75	174.89	1728.00
HSi (mm)	90.72	154.62	216.35	226.73	181.44	181.44	181.44	164.89	94.98	19.94	-60.48	-156.43	1295.64
HD (mm)	164.67	212.26	224.31	243.81	269.02	274.33	147.27	79.78	8.51	-69.77	-145.31	-237.03	1171.84
ETR (mm)	83.60	71.86	73.25	73.69	65.60	63.95	60.65	62.65	65.78	67.55	84.49	87.06	861.60
HSf (mm)	154.62	216.35	226.73	181.44	181.44	181.44	164.89	94.98	19.94	-60.48	-156.43	-251.24	953.67
DCC (mm)	26.82	-34.91	-45.29	0.00	0.00	0.00	16.55	86.46	161.50	241.92	337.87	432.68	1223.61
Rp (mm)	0.00	0.00	0.00	64.26	99.23	106.52	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	270.01
NR (mm)	94.00	22.84	13.58	0.00	0.00	0.00	65.29	136.80	214.35	296.20	405.77	502.64	1751.48

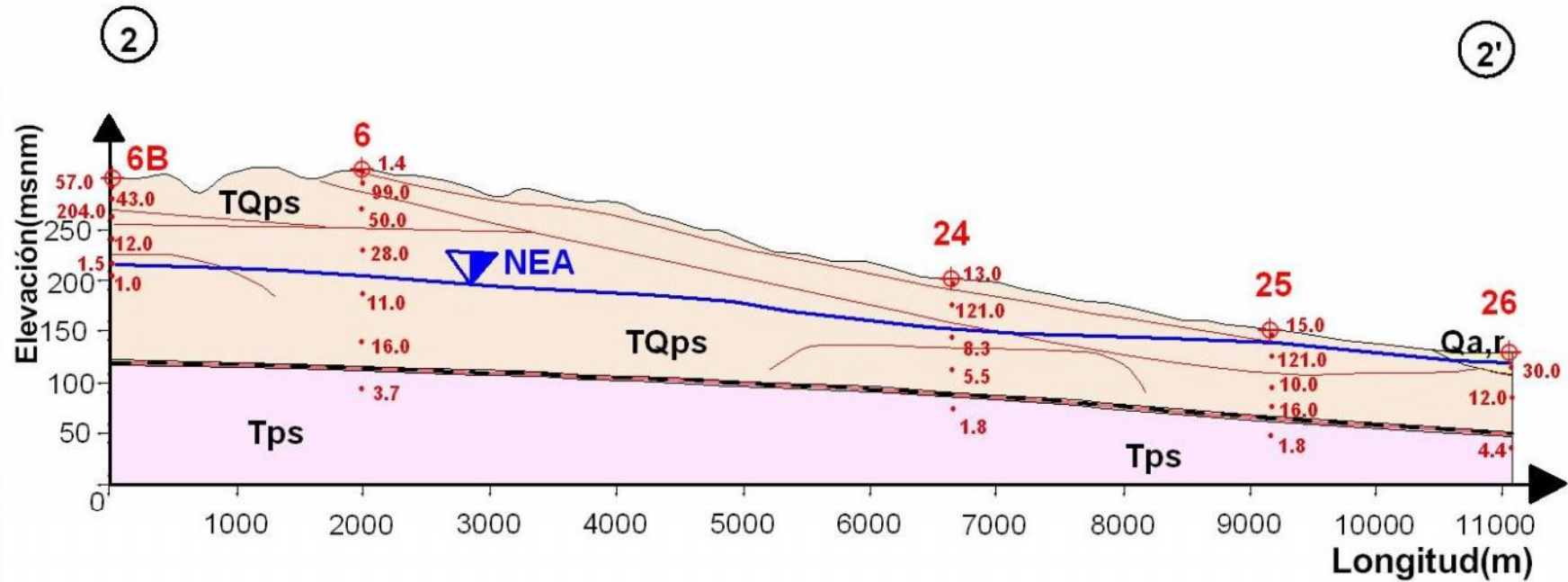
Area (km²) 507
Rp(mmca)= 137

Tabla N° 6 **Datos de sondeos geofísicos**

SE	Este	Norte	Espesor (m)	Prof. del basamento (msnm)
NAN_01	591231	1307680	222	236
NAN_02	592603	1306351	185	227
NAN_03	593178	1304567	172	204
NAN_04	593672	1300889	112	169
NAN_05	593131	1302902	157	180
NAN_06B	598169	1307036	189	108
NAN_06	597583	1305144	196	114
NAN_08	609489	1296694	39	51
NAN_09	614764	1295865	27	23
NAN_10	614338	1293508	35	16
NAN_11	614400	1291800	17	34
NAN_12	614646	1289461	15	36
NAN_13	609463	1292391	24	46
NAN_14	608264	1293865	22	53
NAN_15	605000	1307433	81	140
NAN_17	604248	1305279	75	116
NAN_18	604871	1303400	63	104
NAN_19	604676	1301080	39	102
NAN_20	604571	1300147	39	92
NAN_21	609144	1301400	71	37
NAN_22	609380	1299743	64	29
NAN_24	598294	1300533	113	90
NAN_25	600014	1298720	89	63
NAN_26	601318	1297305	73	48
NAN_27	603593	1298132	13	101
NAN_28	603654	1296524	6	94



PERFIL N° 2 - 2'



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTONOMA DE NICARAGUA
CIRA - UNAN

MAESTRIA EN CIENCIAS DEL AGUA

TESIS

" DISPONIBILIDAD Y APROVECHAMIENTO
SOSTENIBLE DEL
ACUIFERO DE NANDAIME "

LOCALIZACION DEL PERFIL N° 2 - 2 '
EN EL ACUIFERO DE NANDAIME



LEYENDA

Formaciones Geológicas

Qa,r Cuaternario residual y/o aluvial

TQps Grupo Las Sierras

Tps Formación El Salto

Profundidad de Basamento

6B Sondeo Electromagnético
y Número de Orden

6 Valor de Resistividad

Isoresistividad

Nivel Estático del Agua (NEA)

ESCALAS APROXIMADAS (m)

1 : 62.5



1 : 500

FUENTE

Elaborado por Autor de Tesis.

AUTOR

Ing. Elizabeth Peña Solano

Marzo del 2,005

